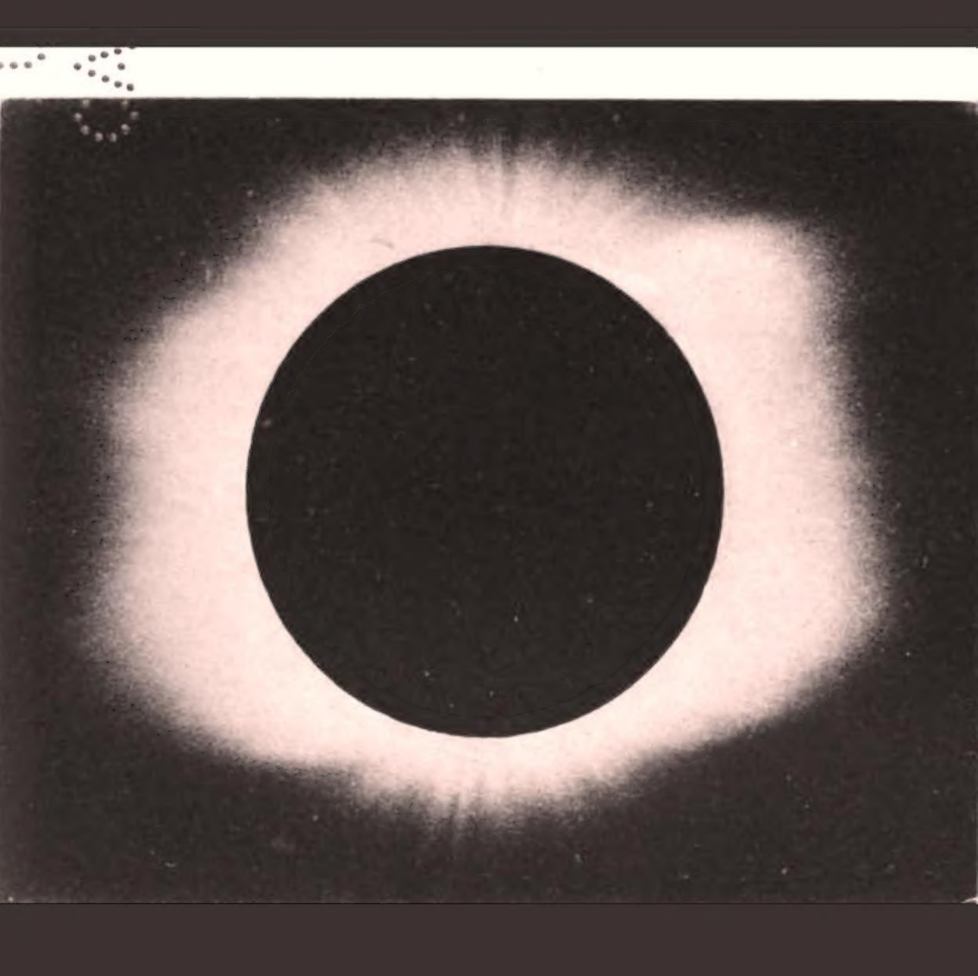
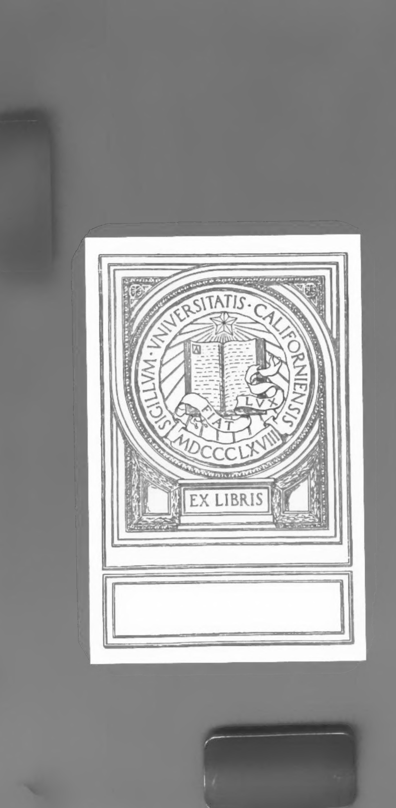


Jahrbuch der Astronomie und Geophysik

Hermann Joseph Klein

Digitized by Google


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

Digitized by Google

Digitized by Google

1891 – 1914.

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik.

(Astrophysik, Meteorologie, physikalische Erdkunde.)

Herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

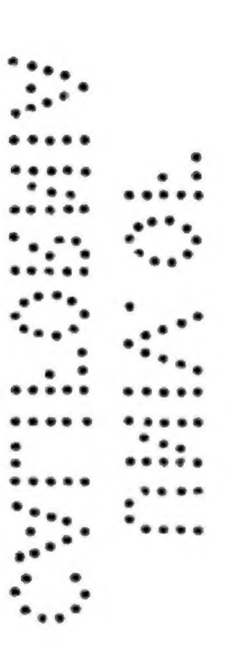
I. Jahrgang 1890.

Mit 5 Tafeln in Lichtdruck und 1 Chromotafel.

EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandlung
Leipzig 1891.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

UNIV. OF
CALIFORNIA

Die Korona der Sonne bei der totalen Finsterniss am 1. Januar 1889.

Photographirt von Professor Pickering.

Digitized by Google

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

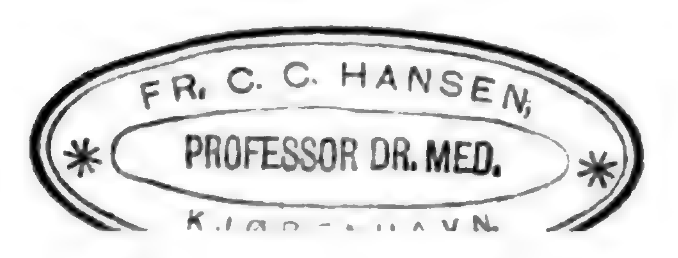
I. Jahrgang 1890.

Mit 5 Tafeln in Lichtdruck und 1 Chromotafel.

EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1891.



Digitized by Google

Inhaltsübersicht.

Seite

Inhaltsübersicht . . . . III—XII
Einleitung . . . . XIII—XVI

Astrophysik.

Die Sonne . . . . 1—7
Gestalt der Sonne 2
Crew's Untersuchungen über die Rotationsdauer der Sonne . . 2
Belopolski's Versuche über die Bewegung fester, mit Flüssigkeit gefüllter Körper, um die auf der Sonne vorkommenden Bewegungen nachzuahmen 4
Spektraluntersuchung der Sonnenflecke von Perry und Cortie . 5
Beobachtungen der Chromosphäre auf dem Stonyhorst-Observatorium 6
Die Ergebnisse der spektroskopischen Beobachtungen der Korona gelegentlich der Sonnenfinsternis 1886 6
Schaeberle's Theorie der Korona-Strahlen 7

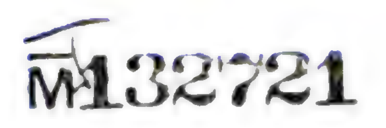
Kleine Planeten. Nummer 282—301 7

Merkur . . . . 8—12
Schiaparelli's Untersuchungen über die Rotation des Merkur . . 8

Venus 12
Schiaparelli, Über die Rotation der Venus 12

Der Mond . . . . 13—18
Angebliche Veränderungen am Krater Plinius 13
Eine merkwürdige Erscheinung bei der Bedeckung des Jupiters durch den Mond 14
Photographische Aufnahmen der Mondoberfläche 16
Langley's Untersuchungen über die Temperatur des Mondes . . 16

Mars 18
Photographische Aufnahmen des Mars auf Mount Wilson . . . 18


M132721

Digitized by Google

Seite

Jupiter 18
Beobachtung des roten Fleckes 18

Saturn 18
Trouvelot's Beobachtungen des Ringsystems 18
Messungen der Saturnsmonde zu Pulkowa 19

Uranus 19
Beobachtungen des Uranus zu Nizza 19
Das Spektrum des Uranus zu Ealing beobachtet 19

Die Kometen . . . . . 20—38
Die Kometenerscheinungen des Jahres 1889 20
Die Kometen I und II 1890 26
Der Winnecke'sche Komet 1858—1868 26
Der Komet Wells 1882 I 27
Bahnverwandtschaft von Kometen 34
Der Ursprung der periodischen Kometen nach Bredichin . . . 35
Markuse, Über die physische Beschaffenheit der Kometen . . . 37

Sternschnuppen und Meteorite . . . . . 38—46
Denning's Verzeichnis von 918 Radiationspunkten 38
Der Meteorit von Ochansk 41
Die Meteorite der Wüste Atakama 41
Der Ursprung der Meteorsteine 42

Fixsterne . . . . . 46—89
Levander's Zusammenstellung von Sternfarben 46
Bossart's Verzeichnis von Eigenbewegungen 46
Die Bewegungen der Fixsterne in der Richtung zur Erde nach spektrographischen Beobachtungen zu Potsdam 52
Fixsternparallaxen, auf der Sternwarte zu Leyden bestimmt . . 58
Oudemans' Zusammenstellung der bisher bestimmten Fixsternparallaxen 59
Doppelsterne 61
Doppelsterne, auf spektroskopischem Wege entdeckt 62
Bahnelemente sehr enger Doppelsterne 66
Die Bewegungsverhältnisse in dem dreifachen Systeme ξ Scorpii, nach Seeliger 67
Veränderliche Sterne 68
Die Umgebung von Tycho's Nova in der Cassiopeja 69
Ursache des Lichtwechsels der roten veränderlichen Sterne von langer Periode 69
Sternspektra des I. Typus nach den Untersuchungen von Scheiner 72
Verzeichnis der Sterne des IV. Spektraltypus, von Espin . . . 77

Digitized by Google

Seite
Spektrum der Pleione 80
Spektroskopische Beobachtungen der Fixsterne auf der Lick-Sternwarte 80
Spektroskopische Beobachtungen zu Melbourne 81
Die photographischen und spektroskopischen Untersuchungen der Sternwarte zu Cambridge in Nordamerika 81
Nebelflecke 86
Roberts' photographische Aufnahmen von Nebelflecken 86
Entdeckung lichtschwacher Nebel durch die Photographie zu Cambridge 87
Verteilung der Nebelflecke und Sternhaufen am Himmel . . . 88
Über den Nebel in der Andromeda 88

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde . . . . 91—104
Die Berechnung der Erddimensionen durch Bonsdorff 91
Kleine Bewegungen der Erdaxe 91
Der Einfluss grosser Massenverschiebungen auf die Lage der Erdpole 92
Die Ermittelung der genauen Gestalt der Meeresoberfläche . . 93
Lotabweichungen und Schwerebestimmungen 94
Bestimmungen der Schwere und Lotabweichungen auf den Sandwich-Inseln 95
Versuch, das Volum der Kontinente und Meere zu bestimmen, von John Murray 95
Die säkulare Abkühlung des Erdballes 96
Bemühungen, die Gestaltsveränderungen, welche die Erdoberfläche infolge der Zusammenziehung beim Erkalten erleidet, auf dem Wege des Versuches zu ermitteln 98
Einfluss der Schrumpfung der Erdrinde infolge der allmählichen Abkühlung des Erdballes 101
Umformung der Erdoberfläche durch Luft und Wasser 102
Powell, Über die Gesetze der Landabtragung durch das Wasser 102
Die untere Erosionsgrenze der fliessenden Wasser nach Penck . 104

2. Boden- und Erdtemperatur . . . . 104—108
Beobachtungen über die Bodentemperatur zu Allahabad 104
Beobachtungen der Bodentemperatur in Katharinenburg . . . 105
Über die Temperaturverhältnisse der Grotten von St. Canzian bei Triest 105
Temperaturbeobachtungen im Bohrloch zu Schladebach 106

Digitized by Google

Seite

3. Erdmagnetismus . . . . 108—113
Über die täglichen Veränderungen, nach Arthur Schuster . . . 108
Örtliche Störungen der magnetischen Deklination in verschiedenen Teilen Englands nach Thorpe und Rücker 108
Magnetische Aufnahme des Harzgebirges 109
Die normalen täglichen Schwankungen der magnetischen Deklinationsnadel zu Petersburg und Pawlowsk 110
Liznar, Über den jährlichen Gang der magnetischen Deklination 111
Magnetische Störungen bei Gelegenheit von Erdbeben 112
Batelli, Über Erdströme 112

4. Vulkanismus . . . . 114—119
Die Entstehung der vulkanischen Auswurfskegel nach J. G. Bornemann 114
Der Ausbruch des Vulkans Krakatau 115

5. Erdbeben . . . . 119—143
Das Erdbeben von Charleston am 31. August 1886 120
Das Erdbeben in der Ost-Schweiz am 7. Januar 1889 124
Das Erdbeben vom 31. Januar 1887 in der Nordost-Schweiz . . 125
Das ligurische Erdbeben vom 23. Februar 1887 126
Das Erdbeben vom 12 Juli 1889 in Wjernoje in Zentralasien . 129
Jährliche Periode der Erdbeben in Norwegen 130
Beziehungen der Erdbeben um Wernyj 1887 zu den meteorologischen Erscheinungen von A. Wosnessenskij 130
Zusammenstellung über die Häufigkeit der Erdbeben in den verschiedenen Ländergebieten, von Knoll 130
Verhalten der Tiere bei Erdbeben 131
E. Rudolph, Über untermeerische Erdbeben und Vulkanausbrüche 131
Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit unterirdischer Erschütterungen, von Naguès 137
Die mikroseismischen Erderschütterungen in Italien 138
Die Erdbebenbeobachtungen in Japan 138
Über die Ursachen der Erdbeben, eine Zusammenstellung von Engelhardt 139

6. Strandverschiebungen, Hebungen und Senkungen, Korallenriffe . . . . 143—164
Verschiebung der Strandlinie, nach Suess 143
Ursache der Verschiebung der Küstenlinie, nach A. Blyth . . . 148
Penck's Erklärung der Schwankungen im Meeresstande . . . 150
Prüfung derselben durch E. v. Drygalski und H. Hergesell . . 150
Die Strandlinien im Lochaber-Distrikte 154
Beobachtung über Strandlinien und Terrassen Norwegens, von Chr. Sandler 155

Google

Seite
V. Hilber's Untersuchungen über die Bewegungen der Strandlinien an der istrischen Küste 155
V. Hilber, Über die Ursachen, welche Änderungen im Niveaustande des Meeres hervorrufen können 157
Korallenriffe 158
Bonney, Über die Entstehung der Korallenriffe gegen die Einwendungen von Murray 160
C. Ph. Sluiter's Untersuchungen an den Korallenriffen der Java-See 160
Guppy, Über die Riffe der Salomons- und Kokos-Inseln. . . . 161
Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel, von J. Walther untersucht 163

7. Das Meer . . . . 164—185
Zusammenstellung der Niveau-Unterschiede der Europa umgebenden Meere, von Makaroff 164
Die Durchsichtigkeit des Meerwassers 165
Gibson's chemische Untersuchungen von Wasser aus der Nordsee 166
Stefan's Untersuchung des Eiswachstums 166
Die Eisbildung im Behringsmeer 167
Lotungen 167
Die grössten ozeanischen Tiefen, welche bis jetzt ermittelt wurden 168
Der Boden des Indischen Ozeans, nach Murray 168
Dana, Über den Ursprung der Depressionen am Boden der Ozeane 168
Untersuchung des Firth of Forth, besonders in thermischer Hinsicht 169
E. Wünschendorff, Über die Bestimmung der mittleren Temperatur der Meerestiefen durch Widerstandsmessungen an submarinen Kabelleitungen 169
Das kühlere Wasser der Luvküsten 170
Börgen, Über den Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und den Dimensionen der Meereswellen 170
Über die Gezeiten längs der niederländischen Küste, nach A. v. Horn 173
Die Erosionswirkung der Gezeitenströme, nach O. Krümmel . . 175
Pillbury, Über den Golfstrom 177
Auswerfen von Flaschen seitens der Expedition des Prinzen von Monaco im Nordatlantischen Ozean 178
Die Strömungen und Oberflächentemperaturen im Golf von Aden 178
Karten der Oberflächentemperatur, sowie der Winde und Strömungen im Roten Meere und im Golf von Aden, von Toynbee und Baillie 178
Die Meeresströmungen im Gebiet der kleinen Sunda-Inseln, von H. Blink studiert 178
Die Oberflächenströmungen im südwestlichen Teile der Ostsee, von Dinklage untersucht 180

Digitized by Google

Seite

Die physikalischen Verhältnisse der Ostsee auf Grund der Arbeiten, welche die Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere ausgeführt 180
Der Seebär der Ostsee am 20. Mai 1880 nach den Untersuchungen von Rudolf Credner 182
Die Wasserbewegung im Euripus 184
Erscheinung einer plötzlichen Flutwelle im Grossen Ozean am 13. März 1888 184

8. Grundwasser und Quellen . . . . 185—193
Die Schwankungen im Grundwasserstande, untersucht von Professor Soyka 185
Abhängigkeit des Grundwassers von der Niederschlagsmenge, nach Lang 188
Verhältnis des in den Boden sickernden Wassers zu den Niederschlägen, nach Ebermayer 188
Die Grubenwasser in einigen Kohlenbergwerken des Departements Bouche du Rhone bezüglich ihres Zusammenhanges mit den Regenfällen, von Darodes untersucht. 189
W. Waagen, Über die Hydrologie der Teplitzer Thermalquellen 190
Stapff, Über die Herkunft der Emser Quellen 192
Die Mineralquellen von Crausac, von A. Carnot untersucht . . 193
Die Salzquellen Ungarns, von S. Fischer studiert 193
Die Mineralquellen Bosniens, nach E. Ludwig 193

9. Flüsse . . . . 194—210
Die Bezeichnung Hauptfluss oder Nebenfluss, nach Wisotzki . . 194
E. Faber, Über die Wasserstandsbewegung in den Flüssen . . 194
W. Ule, Über Veränderungen im Betrage der Abflussmenge bei Flüssen 196
Die Ungleichseitigkeit der Flussufer, nach Rucktäschel 197
Der Einfluss des Windes auf die Gestaltung der Flussufer . . 197
Henkel, Über den Parallelismus im unteren Laufe eines Nebenflusses mit dem Lauf des Hauptstromes 198
Das Delta der Newa 199
Die submarine Fortsetzung des Flussbettes im Genfer See beim Einflusse der Rhone und im Bodensee beim Rheine . . . 200
Die Entwickelung des Flusssystems der Elbe vor und nach der Eiszeit, von E. Mehnert beleuchtet 200
Die schwarzen Flusswasser in den äquatorialen Gegenden Südamerikas 201
Putick, Über unterirdische Flussläufe und Höhlen im Karstgebiete 202
Die Physiographie des Rheines, von Honsell 204

Digitized by Google

Seite

10. Seen . . . . 210—230
Geinitz, Über die Entstehung der Seen und Wasserläufe des norddeutschen Diluvialgebietes 210
Der Genfer See, nach Forel 216
Bayberger, Über die topographischen Verhältnisse und den Zu- und Abfluss des Chiemsees 217
Die Seen der hohen Tatra 218
Die Seen im oberen Gebiete des Tayflusses 220
Die Temperaturverhältnisse der grossen italienischen Seen . . 221
Ule's Untersuchungen der beiden Mansfelder Seen 221
Die Tiefenverhältnisse der Masurischen Seen, von Ule untersucht 222
Die Tiefen einer Anzahl Salzburger Seen 224
Erforschungen der alpinen Seen 225
Schwankungen im Wasserstande, nach den Untersuchungen von Brückner und Sieger 225

11. Gletscher und Glacialphysik . . . . . . 230—244
Die Eisbedeckung Grönlands, nach Rink 230
Richter, Über die Gletscher der Ostalpen 236
Finsterwalder, Über den Rückgang einiger Ötzthaler Gletscher 238
Freshield, Über die Gletscher des Kaukasus 239
Die Gletscher Neuseelands 240
Studien am Pasterzengletscher, von F. Seeland 243
Darstellung der Gletscher im französischen Teile der Alpen, von Falsan 243
Die Traditionen über früher begangene, gegenwärtig aber vergletscherte Hochpässe der Schweizer Alpen, von Schültze . 243

12. Die Lufthülle der Erde. Allgemeines . . . . . . 244—245
Die Höhe der Atmosphäre 244
Der Gehalt der Luft an Staubteilchen und dessen Einfluss auf die Durchsichtigkeit der Atmosphäre 245

13. Temperatur . . . . . . 245—259
Die Sternenstrahlung und die Temperatur des Weltraumes, nach den Untersuchungen von Maurer 245
Die Sonnenstrahlung. Crova's Bestimmung der Sonnenkonstante 247
Beobachtungen über die Strahlung der Sonne, von Knut Angström 247
Köppen, Über die genaue Ermittelung der Lufttemperatur . . 248
Die Änderungen der Temperatur mit der Höhe, von André studiert 249
Über die Ursache der Abnahme der Temperatur mit der Höhe in der Atmosphäre, nach Prof. A. Schmidt 249
Die Nachttemperatur auf hügeligem Boden 251
Temperaturbeobachtungen auf dem Gipfel des Eiffelturmes . . 252
Die vertikale Temperaturabnahme in Gebirgsgegenden, von Süring untersucht 252

Seite

14. Luftdruck . . . . 253—259
Die Ursache der täglich-periodischen Luftdruckschwankungen, nach Buchan 253
Hann, Über Barometermaxima im Anschlusse an die Beobachtungen des Maximums im November 1889 254
Die Veränderung in der Lage der grossen Aktionszentren der gemässigten Zone unserer Nordhemisphäre, von A. de Tillo studiert 257
Harries, Über den Einfluss des Luftdruckes auf die schlagenden Wetter der Steinkohlengruben 257
Chesneau's Untersuchungen über den Einfluss der Luftdruckschwankungen und Bodenbewegungen auf die Entwickelung der Schwaden 259

15. Luftfeuchtigkeit, Nebel und Wolken . . . . 259—274
Volger, Über die Entwickelungsgeschichte der Wolken 259
Untersuchungen über die Bildung der Wolken und Niederschläge, von W. v. Bezold 260
Die Natur der wässerigen Teilchen, welche die Wolken bilden, nach den Untersuchungen von Ch. Ritter 262
Palagi's Beobachtungen gefrierender Wassertropfen 264
Die Klassifikation der Wolken, nach H. Hildebrandsson 264
Wolkenphotographien 269
Die Verteilung der durchschnittlichen Bewölkung in Mitteleuropa, von Elfort studiert 270
Assmann, Über die Bildung und Struktur des Reifs, Rauhreifs und Schnees 270
Der Londoner Nebel, von F. v. Russel 273

16. Niederschlag . . . . 275—279
Vergleichende Regenmessungen mit verschieden konstruierten Regenmessern 275
Die Geschwindigkeit, mit welcher Regentropfen fallen können, von H. Allen theoretisch untersucht 275
Salpetersäuregehalt tropischer Regen 275
Lufterschütterung und Regen 276
Wald und Regen, Wagner's Untersuchung, ob durch Aufforstung und Anbau eine Zunahme der Niederschläge herbeigeführt werde 276
Blanford's Untersuchung über denselben Gegenstand in Indien . 276
Die tägliche Periode des Regenfalles in Wien 278
Über die Regenverhältnisse Norwegens, nach Mohn 279

17. Winde und Stürme . . . . 279—302
Messungen der Windgeschwindigkeit am Eiffelturme 279
Die Darstellung der Windverhältnisse eines Ortes, von Hugo Meyer 279

Digitized by Google

Seite

Paulsen, Über warme Winde an der Küste Grönlands 287
Hann's Entgegnung 289
Blanford, Über die Monsune und Stürme des indischen Meeres . 292
Einige Untersuchungen über Orkane, von R. Abercromby . . . 295
Form der Cyklonen in Japan, nach Knipping 296
B. Moritz, Über Staubstürme in Süd-Mesopotamien 298
Möller, Über den Kreislauf der atmosphärischen Luft zwischen hohen und niederen Breiten 299
Über atmosphärische Bewegungen, von H. v. Helmholtz . . . 299

18. Elektrische Erscheinungen in der Erdatmosphäre . 302—329

Untersuchungen über die elektrische Natur der atmosphärischen Niederschläge, von S. Elster und H. Geitel 302
Studium der Luftelektrizität von Palmieri auf dem Observatorium des Vesuv 303
Prof. L. Weber's Beobachtungen über die atmosphärische Elektrizität 305
Messungen der Luftelektrizität im hohen Norden an der schwedischen Polarstation auf Spitzbergen 307
Untersuchungen der Gewitter in Süddeutschland, von Lang . . 308
Beobachtungen über Gewittererscheinungen in Steyermark, Kärnten und Oberkrain 1885, von Prohaska eingerichtet 308
Merkwürdige Bewegung der Luft unterhalb einer Gewitterwolke 313
Merkwürdige elektrische Erscheinung in den Rocky Mountains, von Boehmer 313
Über sehr eigentümliche elektrische Erscheinungen auf dem Sonnblick, von Dr. Trabert 316
Die Struktur des Blitzes, nach photographischen Aufnahmen von W. Prinz 319
Die Häufigkeit im Auftreten des St. Elmsfeuers, von Haltermann untersucht 320
Paulsen, Über das Nordlicht 322
Eine 26-tägige Periode des Nordlichtes 325
Der Anschluss der Blitzableiter an die Gas- und Wasserleitungen 325

19. Optische Erscheinungen in der Erdatmosphäre . . . 329—341

Die blaue Farbe des Himmels 329
Blaugrüne Färbung des letzten Sonnenstrahles 331
Beobachtungen über terrestrische Strahlenbrechung 331
Die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre beim Ausbruche des Krakatau 231
Die leuchtenden Nachtwolken 339
Das Funkeln der Sterne 341

Digitized by Google

Seite

20. Klimatologie . . . . 341—356
Die internationalen Polarexpeditionen 341
Die meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel . 342
Die meteorologischen Beobachtungen auf dem Pikes Peak . . . 346
Der Einfluss des Waldes auf das Klima 348
Der Waldeinfluss auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur 349
Der Einfluss der Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter . . 349
Über die Frage, ob unser heutiges Klima im grossen und ganzen unveränderlich sei 353
Brückner's Untersuchungen über Klimaschwankungen 354

Verzeichniss der Tafeln.

Tafel I. Die Korona der Sonne bei der totalen Finsterniss am 1 Januar 1889.
„ II. Der Mond nahe dem letzten Viertel.
„ III. Photographische Aufnahme eines Theils der Milchstrasse (Fig. 1) und der Umgebung des grossen Nebels in der Andromeda (Fig. 2).
„ IV. Die Lochaber-Strandlinien in Schottland.
„ V. Typische Form einer Cumulus-Wolke.
„ VI. Der Bishop'sche Ring.

Digitized by Google

Einleitung.

Unter den zahlreichen einzelnen Zweigen der Naturforschung nehmen Astrophysik und Geophysik eine hervorragende Stellung ein. Nicht nur umfassen sie ein grosses, ja das grösste uns zugängliche Forschungsgebiet, sondern die Arbeiten auf demselben erfreuen sich auch eines, weit über den engern Kreis der Fachleute hinausgehenden, allgemeinen Interesses, welches an die Sache selbst geknüpft ist und von Nützlichkeitsfragen nicht beengt wird. Der Himmel über uns und die Erde unter unseren Füssen sind das Unmittelbarste, das Allgegenwärtige, welches uns in der Natur entgegentritt, und es unterliegt auch keinem Zweifel, dass der menschliche Forschungstrieb sich zuerst an Fragen abmühte, welche Bezug auf die Gestirne und auf die Zustände der Erdoberfläche hatten. Jahrtausende langer Arbeit hat es bedurft, um von den ersten, kindlichen Vorstellungen über die Ordnung der Naturerscheinungen und deren Verhältnis zum Menschen vorzudringen bis zu jenen erhabenen Ideen, die wir heute unser eigen nennen. In hohem Grade ist dieser Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnis der Natur durch die Erfindung von Instrumenten gefördert worden, welche gestatten, die Erscheinungen genauer zu prüfen, als dies mit unseren Sinnen unmittelbar möglich wäre. Ohne Fernrohr gäbe es kein Wissen von der Oberflächengestaltung der Sonne, des Mondes, der grossen Planeten, wir

wüssten nichts von den Ringen des Saturn, von den Doppel- und mehrfachen Sternen; ohne Spektroskop wäre die Chemie der Fixsterne unmöglich, und ohne die photographische Camera blieben uns auf immer verborgen jene unsichtbaren Massen, welche gewisse Sterne zu Umlaufsbewegungen zwingen, die weit kürzer sind, als der Umlauf des Mondes um die Erde. Und steigen wir aus den Himmelsräumen auf die Erde herab, so sehen wir, wie uns lediglich das Barometer die ersten Aufschlüsse gegeben hat über die Höhenverhältnisse ausgedehnter Teile unserer Erdoberfläche, über die Bewegungen der aufsteigenden und niedersinkenden Luftmassen in den atmosphärischen Depressionen und den Gebieten hohen Druckes. In gleicher Weise offenbart uns das Thermometer die Wärmeverteilung an der Erdoberfläche und in der Höhe des Luftmeeres wie in der Tiefe der festen Erdrinde. So sind es die Instrumente, welche gleich neuen Organen den Menschen befähigen, die Natur zu befragen und zu begreifen. Aber freilich ist es auch unzweifelhaft wahr, dass der vorzüglichste Teil eines jeden Instrumentes der Mann ist, der es handhabt. Der Aufschwung der Naturwissenschaft ist lediglich bedingt durch das Auftreten jener Männer von hervorragender Geisteskraft, welche es unternahmen, in ernster Arbeit der Natur einen Teil ihrer Geheimnisse zu entringen. Um die Richtigkeit des Goethe'schen Wortes, dass die Natur immer wahr, immer ernst, immer strenge sei, dass sie immer Recht habe, und die Irrtümer stets des Menschen seien, um die Richtigkeit davon vollauf zu empfinden — so sagte jüngst Du Bois-Reymond treffend in der öffentlichen Sitzung der Preussischen Akademie —, „muss man gewohnt sein, indem man als Experimentator oder Beobachter selber Hand ans Werk legt, der Natur ins unerbittliche Antlitz zu schauen, und die, man möchte sagen, ungeheuere Verantwortlichkeit zu tragen, welche in dem Aufstellen auch des geringfügigsten Sachverhaltes liegt. Was in diesem Augenblicke, unter diesen Umständen geschieht, würde unter denselben Umständen vor negativ unend-

Digitized by Google

licher Zeit auch geschehen sein, nach positiv unendlicher Zeit noch geschehen; das ist der inhaltschwere Sinn jeder richtig gedeuteten Erfahrung. Nur der Mathematiker, dessen Thätigkeit der des experimentierenden Forschers näher verwandt ist, als man sich vorzustellen pflegt, kennt ewig unverbrüchlichen Gesetzen gegenüber das gleiche Gefühl der Verantwortlichkeit. Geschworene Zeugen vor dem Richterstuhle der Wirklichkeit, streben sie beide nach der Erkenntnis der Welt, wie sie ist, innerhalb der uns durch die Natur unseres Intellekts gesteckten Grenzen. Was aber den Forscher für diesen beängstigenden Druck, unter dem er arbeitet, vollauf entschädigt, das ist das Bewusstsein, dass auch die geringste seiner Leistungen ein Schritt vorwärts ist über die höchste Stufe seiner grössten Vorgänger; dass sie möglicherweise den Keim unermesslich wichtiger, theoretischer Einsichten und praktischer Errungenschaften enthält, wie die Wollaston'schen Linien im Spektrum denjenigen der Spektralanalyse; dass solcher Preis nicht bloss dem von der Natur erhobenen Genie, sondern auch dem gewissenhaften Fleisse des mittelmässig Begabten winkt; endlich, dass die Wissenschaft, indem sie dem menschlichen Geiste die Herrschaft über die Natur verleiht, das absolute Organ der Kultur ist; dass ohne sie nie eine wahre Kultur geworden wäre, und dass ohne sie die Kultur mitsamt der Kunst und ihren Werken jeden Tag wieder rettungslos versinken könnte, wie am Ausgange der antiken Welt. Auch darüber tröstet dieses Bewusstsein den Forscher, dass eine gedankenlose Menge, indem sie die ihr so gespendeten Wohlthaten geniesst, kaum weiss, wem sie solche verdankt; dass, während der Name jedes Musikvirtuosen in Aller Munde lebt und der Unsterblichkeit in den Konversations-Lexici's für die gebildeten Stände gewiss ist, bei uns der Name dessen so gut wie unbekannt blieb, dem jener höchste Triumph des erfindenden Menschengeistes gelang, über weite Länderstrecken, über Gebirg und Thal durch einen Kupferdraht den Klang einer Stimme vernehmbar zu machen, gleich als spräche sie uns ins Ohr."

Die bedeutsamen Zirkel, welche im einsamen Gemach der Forscher entwirft, sind aber für die Gesamtheit nicht verloren, sondern wirken wie die Mittelpunkte immer weiter sich ausbreitender Wellensysteme. Indem die Naturforschung nicht nur der körperlichen Bedürftigkeit des Menschen hilfreich entgegenkommt, sondern durch den erweiterten und geschärften Blick in das grosse Weltall geistige Freiheit schafft, arbeitet sie ununterbrochen im Dienste und an der Ausbreitung wahrer Humanität.

Digitized by Google

Astrophysik.

Auf dem Gebiete der Astronomie tritt die physikalische Richtung in der jüngsten Zeit noch mehr hervor als selbst zu Anfang des gegenwärtigen Jahrzehnts. Nicht als wenn die Theorie und die lediglich mathematischen Theile vernachlässigt würden, denn auch in dieser Beziehung sind bedeutende Arbeiten geliefert worden; allein eine Reihe der wichtigsten astronomischen Entdeckungen knüpft sich doch lediglich an die Benutzung physikalischer Forschungsmethoden, besonders an die Einführung der Photographie in die astronomische Beobachtungskunst. Auf diese Weise sind, wie die folgenden Abschnitte ausführlich berichten werden, jüngst Entdeckungen der überraschendsten Art gemacht worden und noch scheint die Grenze bei weitem nicht erreicht zu sein, an der diese neuen Forschungsmittel versagen werden. Entsprechend diesem Aufblühen haben ältere wie neuere Observatorien die Pflege der Astrophysik in ihren Arbeitsplan aufgenommen und selbst auf Sternwarten wie z. B. Greenwich, woselbst seit alters hauptsächlich nur Ortsbestimmungen der Himmelskörper ausgeführt wurden, trifft man heute spektroskopische und photographische Arbeiten in Ausführung begriffen.

Die nachfolgende Darstellung der vorzugsweise im letzten Jahre bekannt gewordenen astronomischen Arbeiten wird sich hauptsächlich auf die astrophysikalischen Untersuchungen beziehen und diese in der Reihenfolge aufzählen, dass zuerst die Körper des Sonnensystems und hierauf die Untersuchungen und Beobachtungen am Fixsternhimmel vorgeführt werden.

Die Sonne.

Gestalt. Bei allen Untersuchungen über die Dimensionen der Sonne ist deren Gestalt stets als genau kugelförmig betrachtet worden, auch hat sich in keinen zuverlässigen Messungen eine Abweichung der Sonnenscheibe von der genau kreisförmigen Gestalt gezeigt. Einige wenige entgegengesetzte Ergebnisse sind bestimmt irrig. Dagegen haben einzelne frühere Beobachter bisweilen lokale Einbiegungen oder eine Art Ausschnitt am

Digitized by Google

TO VIVI
AMBOTLIAO

Sonnenrande wahrzunehmen geglaubt, und zwar dort, wo ein Sonnenfleck im Rande oder sehr nahe am Rande sich befand. Neuere Beobachtungen mit besseren Instrumenten haben diese Wahrnehmungen nicht bestätigt Gleichwohl macht jetzt Dr. Scheiner vom astrophysikalischen Observatorium in Potsdam auf gewisse wirkliche Einbuchtungen am Sonnenrande aufmerksam, die er mit Hülfe der Photographie entdeckt hat, und fordert die Beobachter auf, auf diese Erscheinung zu achten.

Die Rotationsdauer der Sonne ergiebt sich bekanntlich aus der Beobachtung der Sonnenflecke ziemlich verschieden, und zwar deshalb, weil diese Flecke ausser der Umdrehung des Sonnenballes noch eigene Bewegungen auf der Oberfläche desselben besitzen. Indessen haben schon vor mehreren Jahrzehnten Secchi und Zöllner darauf hingewiesen, dass das Spektroskop geeignet ist, die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne zu bestimmen. Da ein Punkt der Sonne auf der uns zugekehrten Seite sich in der Richtung von Osten nach Westen bewegt, so werden die am östlichen Rande befindlichen Punkte sich dem auf der Erde befindlichen Beobachter nähern, die entgegengesetzten des Westrandes aber sich von ihm entfernen. Dabei haben die Punkte des Sonnenäquators die grösste Geschwindigkeit, und zwar von 1.92 *km* in der Sekunde. Beobachtet man nun eine Spektrallinie, z. B. *C*, am Ostrande der Sonne, welcher sich dem Beobachter nähert, so wird dieselbe im Vergleich zu ihrer Lage, wenn ein Punkt am Pol der Sonnenaxe oder auch bloss in der Mitte der Sonne untersucht wird, sich nach dem Violett hin verschoben zeigen, wogegen dieselbe Linie am Westrande der Sonne, der sich von uns entfernt, eine Verschiebung nach dem Rot hin erleiden wird. Henry Crew hat die Zöllner'sche Methode angewandt [1]), indem er die Spektra des Ost- und des Westrandes der Sonne miteinander verglich. Zweck der Untersuchung war besonders, die Sonnenrotation für eine Zone zu bestimmen, welche etwa 60° weiter vom Äquator liegt als die nach den bisherigen Methoden gemessenen; dann sollten auch einige vorläufige, früher nach der gleichen Methode gewonnene Resultate einer Prüfung unterworfen werden. Das grosse Spektrometer der John Hopkins Universität, welches zu den Messungen benutzt wurde, hat Rowland'sche Gitter, und auch andere Einrichtungen am Apparate wurden nach dem Vorschlage des Herrn Rowland ausgeführt. Im ganzen sind 34 in den Monaten Juni und Juli ausgeführten Messungen in einer Tabelle, nach den heliographischen Breiten geordnet, zusammengestellt; sie erstrecken sich von 4.4° bis 72.7° der Sonnenbreite. Aus dieser Tabelle ergiebt sich für die relative lineare Bewegung der beiden Ränder am Äquator die Grösse 2.403 ± 0.026 engl. Meilen pro Sekunde. Dies entspricht

[1]) American Journal of Science [3.] **38**. 1889, pag. 204.

Digitized by Google

einer siderischen Umdrehungsdauer von 26.23 Tagen oder einer täglichen Winkelbewegung von 824'. Für die Änderung der Winkelgeschwindigkeit hat Henry Crew aus den Messungen der zweiten Reihe nach der Methode der kleinsten Quadrate die Gleichung gefunden $\vartheta = 802' (1 - 0.00206\,\chi^0)$, in welcher ϑ die tägliche Winkelbewegung bedeutet und χ die heliozentrische Breite in Graden ausgedrückt. Diese Formel zeigt, dass nach dem Äquator hin eine Beschleunigung der Rotation stattfindet, während aus der ersten Messungsreihe eine Verzögerung nach dem Äquator zu sich ergeben hatte. Wegen eines Fehlers, der durch die Erwärmung des Apparates veranlasst wird, erschien es zweckmässig, beide Formeln zu kombinieren; man erhält so $\vartheta = 823' (1 + 0.00065\,\chi^0)$. Der Koeffizient von χ ist nun aber so klein geworden, dass man in Berücksichtigung der Beobachtungsfehler ihm keine grosse Bedeutung beilegen kann. Nimmt man ihn als vollgiltig, so giebt er an, dass die Punkte in 45^0 der Breite in einer um 18 Stunden kürzeren Zeit rotieren als Punkte am Äquator, während nach Carringtons Formel für die Sonnenflecke die Rotationsperiode bei 45^0 etwa $2^1/_2$ Tage länger ist, als am Äquator. „Kann dieser Unterschied andeuten, dass das Spektroskop die Geschwindigkeit von Gegenden misst, welche in gewissem Grade den oberen oder unteren „Passaten“ entsprechen, deren Winkelgeschwindigkeit vom Äquator nach den Polen abnehmen muss? Aber man kann sich schwer irgend einen ausreichenden Grund denken für die Bildung von „Passatwinden“ auf der Sonne, da kein sicherer Temperaturunterschied zwischen Äquator und Pol jemals entdeckt worden. Der aus diesen Beobachtungen abgeleitete Schluss geht also dahin, dass keine sichere Änderung der Rotationsdauer mit der Breite durch das Spektroskop entdeckt worden ist.“ Die bisher nach verschiedenen Methoden ausgeführten besten Bestimmungen der siderischen Rotationsperiode der Sonne am Äquator ergaben in Erdentagen folgende Werte: 1. Aus meteorologischen Beobachtungen: Hornstein 24.12; Braun 24.13; van der Stock 24.10; von Bezold (Gewitter) 24.12. Diese Resultate sind sämtlich unsicher. 2. Aus magnetischen Beobachtungen: Hornstein 24.51; Braun 24.16; Liznar 24.29. 3. Aus Fleckenbeobachtungen: Carrington 24.97; Spörer 24.60. 4. Aus Fackelbeobachtungen: Wilsing 25.23 5. Aus spektroskopischen Beobachtungen: Crew 26.23. Aus dieser Zusammenstellung sieht man, dass der niedrigste Wert einer Methode höher ist, als der höchste Wert der zunächst vorangehenden Methode. Dies könnte einen physikalischen Grund haben, nämlich den, dass, wenn man von den zentralen Teilen der Sonne durch die Photosphäre zu den Fackeln und der absorbierenden Schicht aufsteigt, die Winkelgeschwindigkeiten faktisch allmählich abnehmen. Am besten wird es freilich sein, für jetzt von einer Erklärung noch abzusehen und durch fernere Be-

Digitized by Google

obachtungen, besonders spektroskopische, die Thatsachen zuerst völlig sicher zu stellen.

Die Gesetze der Ortsveränderung, welche die Sonnenflecke zeigen, sind noch immer in grosses Dunkel gehüllt. Auf Grund der angestellten Messungen ist allerdings von verschiedenen Seiten versucht worden, die festgestellten relativen Bewegungen durch mathematische Formeln darzustellen, allein, dass damit ein tieferer Einblick in das eigentliche Wesen, die Ursache der Erscheinung gewonnen worden sei, kann man nicht behaupten. Kürzlich hat nun A. Belopolsky versucht[1]), gestützt auf theoretische Untersuchungen von Shukowsky über die Bewegung fester, mit Flüssigkeit gefüllter Körper, die Bewegungen auf der Sonnenoberfläche zu erklären. Zu diesem Zwecke hat er zunächst Versuche angestellt, um die auf der Sonne vorkommenden Strömungen nachzuahmen. Es wurde bei diesen Experimenten eine Glaskugel von etwa 87 *mm* Radius benutzt, auf deren Oberfläche Meridiane und Parallelkreise gezogen waren. Die Kugel wurde mit Wasser und fein zerteiltem Stearin gefüllt, dann wurde sie auf eine Centrifugalmaschine gebracht, so dass die Parallelkreise dem Horizonte parallel waren, und um ihre senkrechte Axe in langsame Rotation von etwa 40 Umdrehungen in der Minute versetzt. Diese Drehung wurde so lange fortgesetzt, bis alles Wasser bis zur Axe hin mit gleicher Geschwindigkeit rotierte; darauf wurde die Kugel langsamer rotiert und die Verlangsamung so lange fortgesetzt, bis die Kugel zum Stillstand gebracht werden konnte, ohne Wirbelbewegungen an den Wänden hervorzurufen. Sobald die Kugel still stand, wurden die Winkelgeschwindigkeiten infolge der Reibung an den Wänden wie der inneren Reibung des Wassers an der Oberfläche kleiner, als in der Nähe der Rotationsaxe, und die durch die inneren Strömungen mitgeführten Stearinteilchen zogen an der Oberfläche vom Äquator nach den Polen hin, kehrten aber, bevor sie letztere erreichten, im Innern zur Ebene des Äquators zurück. In einigen Fällen gelang es, ein und dasselbe Teilchen bei seiner Zirkulation während dieser Umdrehungen zu verfolgen.

Im ganzen wurden gegen 100 Teilchen während ihrer Bewegung an der Oberfläche beobachtet, und ist deren Geschwindigkeit in verschiedenen Abschnitten ihrer Bahn gemessen, welche vom Parallel 15—20° an gut verfolgt werden konnte. Die Teilchen bewegten sich mit Geschwindigkeiten von 1—6° in der Sekunde; die Genauigkeit dieser Bestimmungen variierte mit der Geschwindigkeit und war um so höher, je kleiner diese. Belopolsky führt fünf Beobachtungsreihen an, aus denen sich ebenso wie aus der Gesamtheit seiner Versuche ergiebt, dass die Winkelgeschwindigkeit der Teilchen vom Äquator bis zum Parallel von

[1]) Astronomische Nachrichten No. 2954.

Digitized by Google

45^0-50^0 abnahm und dann wieder wuchs. Die Winkelgeschwindigkeit wird gut durch eine empirische Formel dargestellt, welche der für die Winkelgeschwindigkeit der Sonnenflecke aufgestellten empirischen Formel sehr ähnlich ist. Wenn nun auch über die Rotation der Sonnenoberfläche über den Parallel von 50^0 hinaus nichts bekannt ist, so glaubt Belopolsky aus der Analogie mit seinen Versuchen schliessen zu dürfen, dass auch auf der Sonne die Winkelgeschwindigkeiten von dort an entweder wieder zu wachsen beginnen oder wenigstens nicht mehr abnehmen.

Die Geschwindigkeiten in der Richtung der Meridiane erfolgten in den Experimenten entsprechend den theoretischen Angaben von Shukowsky und zeigten ferner eine Analogie mit den Breitenänderungen der Flecke auf der Sonne, obwohl diese sehr klein sind und durch die Formveränderung der Flecke grösstenteils maskiert werden. Die Geschwindigkeiten in der Richtung des Halbmessers konnten bei den Versuchen nicht ermittelt werden, haben aber auch für den vorliegenden Zweck keine Bedeutung.

Natürlich kann von den Experimenten nicht erwartet werden eine vollkommene Identität des Abhängigkeitsgesetzes der Winkelgeschwindigkeit von der Breite in der Glaskugel und auf der Sonne. Diese beiden Gesetze können nur analoge sein, weil die Zirkulationen von der inneren Reibung, folglich von der Beschaffenheit und den Eigenschaften des zirkulierenden Stoffes abhängig sind. „Soweit jedoch die Analogie gestattet, scheint aus den angeführten Versuchen geschlossen werden zu dürfen, dass die Bewegungen auf der Sonnenoberfläche durch mechanische Wirkungen — verschiedene Winkelgeschwindigkeiten einer inneren Schicht und der Oberfläche — und nicht durch thermische oder äussere Bedingungen erzeugt werden."

Eine genaue und vergleichende Untersuchung des Spektrums eines Sonnenfleckes aus der Zeit eines Minimums und aus derjenigen eines Maximums haben S J. Perry und A. L. Cortie ausgeführt [1]). Sie beschränken sich dabei jedoch auf den Teil des Spektrums, welcher zwischen der *D*-Linie und der Linie *C* liegt. Aus diesen Studien ergiebt sich, dass die Verbreiterung der schwachen Linien noch unbekannten Ursprunges im Sonnenspektrum sowohl in dem Fleck der Maximum-, wie in dem der Minimumperiode vorkommt, besonders hervorzuheben sind drei Linien 6039.3, 6053.28 und 6061.7, die im gewöhnlichen Sonnenspektrum kaum wahrnehmbar, aber in beiden Flecken stark verbreitert sind. Andererseits ist die Zahl der stark verbreiterten Metalllinien viel grösser im Minimumfleck, als in dem der Maximumperiode; so verhalten sich z. B. die Zahlen bei den Eisenlinien wie 27 zu 8. Ferner wurde keiner von den ver-

[1]) Monthly Notices **49**. 1889, p. 410.

breiterten Eisenlinien des Maximumfleckes in der Chromosphäre hell beobachtet, während nicht weniger als zehn von diesen Linien im Minimumfleck koinzidierende helle Linien haben. Überhaupt ist die Zahl der hellen Chromosphärelinien, welche unter den meist verbreiterten in beiden Flecken beobachtet worden, beim Maximumfleck nur fünf und beim Minimumfleck vierundzwanzig. Endlich ist noch der interessante Unterschied hervorzuheben, dass mehrere Linien des Maximumfleckes sich weit in die Penumbra hinein erweitert zeigten, während im Minimumfleck dies nur einmal beobachtet wurde.

Beobachtungen der Chromosphäre werden seit einigen Jahren auf dem Stonyhorst-Observatorium angestellt. Im Mittel aus den einzelnen Beobachtungen ergab sich[1]):

	1886	1887	1888
mittlere Höhe der Chromosphäre . . .	8.05"	8.13"	8.06"
mittlere Höhe der Protuberanzen . .	24.78	23.86	20.96
mittlere Ausdehnung der Protuberanzen im Bogen	13° 36'	9° 29'	6° 46'
höchste Protuberanzen in jedem Monat	1' 12.77"	1' 2.51"	0' 52"

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung deutlich die Abnahme der Sonnenthätigkeit in Bezug auf Höhe und Ausdehnung der Protuberanzen, eine Abnahme, welche offenbar mit der Sonnenfleckperiode in Beziehung steht.

Die Ergebnisse der spektroskopischen Beobachtungen der Korona gelegentlich der Sonnenfinsternis vom Jahre 1886, hat Dr. Schuster in folgender Weise zusammengefasst[2]):

1. Das kontinuierliche Spektrum der Korona zeigt das Maximum seiner aktinischen Intensität mehr gegen Rot hin als das Sonnenspektrum.

2. Im Jahre 1886 ergaben die Photographien nicht, wie bei zwei früheren Gelegenheiten, Linien ausserhalb der Grenzen der Korona.

3. Calcium und Wasserstoff erscheinen mit ihren Linien nicht im normalen Spektrum der Korona.

4. Die stärkste Koronalinie war 1886 diejenige von der Wellenlänge 4232.8, sie ist wahrscheinlich identisch mit der oft von Young in der Chromosphäre gesehenen Linie von der Wellenlänge 4232.0.

5. Folgendes sind die Positionen der markantesten Korona-Linien:

4056.7 4084.2 4089.3 4169.7 4195.0 4211.8
4280.6 4365.4 4372.2 4378.1 4485.6 4627.9

6. Die Vergleichung der Koronalinien mit den Linien der irdischen Elemente hat ein negatives Resultat ergeben.

Was die Deutung der seltsamen Formen und Strahlen der Korona anbelangt, so hat der amerikanische Astronom

---

[1]) Observatory No. 147 p. 144. [2]) Philos. Transact. **180.** Nature No. 1058.

Digitized by Google

Schaeberle eine Theorie aufgestellt, welche dieselben sehr gut erklärt[1]). Nach seiner Ansicht wird die Sonnenkorona verursacht durch das Licht, welches ausgesandt und reflektiert wird seitens zahlreicher Ströme einer ohne Zweifel sehr feinen Materie, die in Strömen von der Sonne fortgeschleudert wird, und zwar durch Kräfte, welche senkrecht zur Sonnenoberfläche wirken und am intensivsten auftreten in der Zone, welche auch die meisten Sonnenflecke zeigt, also nahe am Sonnenäquator. Wenn die Ebene der Erdbahn mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfiele, so würde die äussere Gestalt der Sonnenkorona nahezu stets die gleiche sein, da die Erde aber bald über, bald unter der Ebene des Sonnenäquators sich befindet, so verändert sich für uns der Anblick der äusseren Form der Sonnenkorona, indem die einzelnen Ströme einander überdecken und selbst als schräge Strahlen erscheinen. Schaeberle hat, um das Aussehen der Korona gemäss dieser Hypothese genau zu ermitteln, eine Kugel von 1 Zoll Durchmesser mit Nadeln besteckt und, zwar innerhalb zweier Zonen von 30° Breite, entsprechend der Hauptzone der Sonnenflecke zwischen 30° nördl. und 30° südl. Breite. Die längsten Nadeln wurden nahe der Mitte jeder Zone angebracht und dabei ein wenig gegen die Oberfläche der Kugel geneigt. Dieses Modell wurde nun mit parallelen Lichtstrahlen beleuchtet und sein Schatten auf einem Schirm aufgefangen. Nunmehr konnte eine unbegrenzte Menge von Formen auf diesem Schirm hervorgerufen werden, je nachdem man der Kugel eine passende Neigung gab, und diese Formen entsprachen überraschend genau dem Aussehen der Strahlen, welche die Korona zeigt.

Kleine Planeten.

Die Zahl der bekannten Asteroiden, welche zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiters um die Sonne laufen, nimmt noch immer zu, da eine Anzahl Astronomen sich lebhaft mit Aufsuchung dieser Objekte beschäftigt.

Folgendes sind die seit Beginn 1889 neu aufgefundenen kleinen Planeten:

No. 282	entdeckt	von	Charlois	in	Nizza	am	28	Januar	1889
„ 283	„	„	„	„	„	„	8.	Februar	„
„ 284	„	„	„	„	„	„	29.	Mai	„
„ 285	„	„	„	„	„	„	3.	August	„
„ 286	„	„	Palisa	„	Wien	„	3.	„	„
„ 287	„	„	Peters	„	Clinton	„	15.	Oktober	„
„ 288	„	„	Luther	„	Düsseldorf	„	20.	Februar	1890
„ 289	„	„	Charlois	„	Nizza	„	10.	März	„
„ 290	„	„	Palisa	„	Wien	„	20.	„	„
„ 291	„	„	„	„	„	„	25.	April	„
„ 292	„	„	„	„	„	„	25.	„	„

[1]) Monthly Notices Roy astr. Soc. 50 p. 272.

No. 293	entdeckt	von	Charlois	in	Nizza	am	20. Mai	1890
„ 294	„	„	„	„	„	„	15. Juli	„
„ 295	„	„	Palisa	„	Wien	„	17. August	„
„ 296	„	„	Charlois	„	Nizza	„	19. „	„
„ 297	„	„	„	„	„	„	9. Septbr.	„
„ 298	„	„	„	„	„	„	9. „	„
„ 299	„	„	Palisa	„	Wien	„	7. Oktober	„
„ 300	„	„	„	„	„	„	3. „	„
„ 301	„	„	„	„	„	„	16. November	„

Merkur.

Die Rotationsdauer des Merkur ist ein Problem, mit dem sich im gegenwärtigen Jahrhundert kaum jemals ein Astronom ernstlich befasst hat. Man hielt, und nicht mit Unrecht, die Wahrnehmung von Flecken an der Oberfläche dieses Planeten für sehr schwierig und fast unmöglich, so dass eine anhaltende Beschäftigung damit wenig Aussicht auf Erfolg verhiess. Von den früheren Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Merkur sind die Wahrnehmungen eines dunklen Fleckes durch Harding am 18. Mai 1801 und die darauf folgenden Beobachtungen Schröters bis zum 14. Juni wohl die umfassendsten; sie führten zu einer Rotationsdauer von $24^h\ 0^m\ 53^s$, und dieses Resultat wurde lange als wenigstens näherungsweise richtig angesehen. In jüngster Zeit hat jedoch Schiaparelli nachgewiesen, dass es völlig irrig ist, und dass Merkur wie unser Mond in derselben Zeit, in welcher er um die Sonne läuft, sich auch einmal und nur einmal um seine Axe dreht [1]).

„Einige Versuche“, sagt Schiaparelli, „welche ich im Jahre 1881 angestellt, überzeugten mich, dass es möglich sei, nicht allein Flecke auf der Merkurscheibe im vollen Tageslichte zu sehen, sondern auch von diesen Flecken hinlänglich zahlreiche Beobachtungen zu erhalten, und seit dem Beginne des Jahres 1882 entschloss ich mich, das regelmässige Studium dieses Planeten zu unternehmen. Während der acht darauf folgenden Jahre habe ich den Merkur mehrere hundert Male in dem Gesichtsfelde meines Fernrohres gehabt, meistens allerdings mit wenig Nutzen und mit vielem Zeitverluste, weil bald die Luft zu unruhig, bald nicht hinreichend durchsichtig war. Nichts destoweniger ist es mir unter Anwendung der nötigen Geduld gelungen, mehr als 150 mal mit grösserer oder geringerer Schärfe Flecke auf der Planetenscheibe zu sehen und eine hinreichend befriedigende Abbildung derselben zu machen. Ich habe zu diesen Beobachtungen hauptsächlich unser Fernrohr von 8 Zoll Objektivdurchmesser benutzt, dessen Gläser von grösster Vollkommenheit sind und, welches mir oft Beobachtungen gestattet von solcher Schwierigkeit, die gar nicht im Verhältnis zu seiner optischen Kraft steht. Unser grosser Refraktor von 18 Zoll Objektivdurchmesser wurde später aufgestellt, es ist das vollkommenste Werk welches aus dem Atelier von Merz hervorgegangen; dank seiner Benutzung konnte ich meine Arbeit mit grösserem Erfolg fortsetzen und zu vollständigeren und sichereren Resultaten gelangen. Ich betrachte die Ergebnisse, welche dieses Teleskop uns bezüglich des Merkur geliefert hat, als die wichtigsten und kostbarsten, die wir ihm bis jetzt verdanken.

---

[1]) Atti della Reale Accademia dei Lincei [4.] **5.** (2) 1889. p 283.

Digitized by Google

Ich werde zuerst von der Rotation des Merkur sprechen, welche ich sehr wesentlich verschieden fand von derjenigen, die man vorhanden glaubte auf Grund ungenügender Beobachtungen, die vor nunmehr 100 Jahren von unvollkommenen Teleskopen erhalten waren. Die Art dieser Rotation, deren Bestimmung mir mehrere Jahre Arbeit gekostet hat, kann ich mit wenigen Worten schildern, indem ich sage, dass Merkur sich um die Sonne dreht in der gleichen Weise, wie der Mond um die Erde. Genau so, wie der Mond bei seinem Umlauf um die Erde dieser ungefähr immer dieselbe Seite und dieselben Flecke zeigt, so wendet Merkur bei seinem Umlauf um die Sonne, dieser grossen Quelle seines Lichts, stets ungefähr dieselbe Seite zu. Ich sage ungefähr und nicht genau dieselbe Seite, denn Merkur ist ähnlich wie der Mond dem Phänomen der Libration unterworfen. Beobachtet man den Vollmond, sei es auch nur mit einem kleinen Fernrohr, zu sehr verschiedenen Zeiten, so sieht man, dass stets dieselben dunklen Flecke sich auf den mittleren Teilen seiner Scheibe zeigen. Allein, wenn man diese Flecke genauer ins Auge fasst und ihren Abstand vom östlichen oder westlichen Mondrande misst, so findet man (was Galilei vor etwa 250 Jahren zuerst entdeckte), dass sie um einen gewissen Betrag bald nach rechts, bald nach links schwanken. Diese Erscheinung bezeichnet man mit dem Namen Libration in Länge. Dieselbe rührt hauptsächlich davon her, dass der Punkt, gegen welchen der Mond beständig und fast genau einen seiner Durchmesser richtet, nicht der Mittelpunkt der Erde ist und ebensowenig der Mittelpunkt der Mondbahn, sondern vielmehr derjenige der beiden Brennpunkte dieser Bahn, in welchem die Erde sich nicht befindet. Einem Beobachter, der diesen Punkt einnähme, würde der Mond folglich stets dieselbe Seite zeigen; wir dagegen befinden uns durchschnittlich von diesem Punkte 42000 *km* entfernt, und der Mond wendet uns deshalb bald etwas mehr von seinen östlichen Regionen zu, bald etwas mehr von den westlichen, gleichsam als ob er ein wenig schwanke.

Die Art und Weise, wie Merkur der Sonne sich präsentiert in den verschiedenen Teilen seiner Bahn, ist genau ähnlich. Der Planet wendet ununterbrochen einen seiner Durchmesser nicht demjenigen Brennpunkte seiner elliptischen Bahn zu, in welchem die Sonne sich befindet, sondern dem zweiten. Da aber diese beiden Brennpunkte um nicht weniger als den fünften Teil des ganzen Durchmessers der Merkurbahn von einander entfernt sind, so ist die Libration dieses Planeten sehr gross. Derjenige Punkt des Merkur, welcher senkrecht von den Strahlen der Sonne getroffen wird, verändert seinen Ort auf der Oberfläche dieses Planeten und beschreibt längs dem Äquator desselben einen Bogen von 47 Grad, also mehr wie ein Achtel des ganzen Umfanges. Die vollständige Dauer dieser Bewegung hin und zurück, ist gleich der Zeit, welche Merkur gebraucht, um seine ganze Bahn zu durchlaufen, also ungefähr gleich 88 Erdentagen. Merkur bleibt also orientiert gegen die Sonne wie ein Magnet gegen eine Eisenmasse; aber diese Orientierung gestattet eine gewisse schwingende Bewegung des Planeten gegen Ost und gegen West, ähnlich derjenigen, welche der Mond in Bezug auf uns ausführt.

Diese Oscillation ist von der grössten Wichtigkeit für den physischen Zustand des Planeten. Nehmen wir in der That einmal an, sie sei nicht vorhanden, und Merkur wende stets die gleiche Hemisphäre unverrückt dem Lichte und der Glut der Sonne zu, während die andere Hemisphäre in ewiger Nacht begraben liegt. Derjenige Punkt seiner Oberfläche, welcher der zentrale Pol der erleuchteten Hemisphäre wäre, würde nun ewig die Sonne in seinem Scheitelpunkte sehen. Alle übrigen Teile des Merkur, welche noch von den Sonnenstrahlen getroffen werden, würden ebenfalls die Sonne im nämlichen Punkte über dem Horizont in stets derselben Höhe ohne jede scheinbare Bewegung, ohne jede merkliche Änderung sehen. Folglich würde es keine Aufeinanderfolge von Nächten und Tagen, keinen Wechsel der Jahreszeiten geben, und da Merkur keinen Mond besitzt, so ist es schwer, zu begreifen, woher die Bewohner des

ewigen Tages ein Mittel finden könnten, den Verlauf der Zeit regelmässig zu bestimmen. So sind nun in Wirklichkeit nahezu die Verhältnisse, unter denen sich Merkur befindet. Jene oszillierende Bewegung, welche die Kugel des Merkur, wie wir gesehen haben, in Bezug auf die Sonne besitzt, würde ein Beobachter auf dem Merkur der Sonne selbst beilegen, genau so, wie wir der Sonne eine tägliche Bewegung zuschreiben, welche in Wirklichkeit der Erde zukommt. Für uns scheint die Sonne einen regelmässigen Kreisbogen zu beschreiben, von Ost nach West, und ruft dadurch die 24 stündige Periode von Tag und Nacht hervor; für einen Beobachter auf dem Merkur beschreibt die Sonne hin- und zurückgehend am Himmelsgewölbe einen Bogen von 47 Grad, und die Lage dieses Bogens über dem Horizont bleibt ewig die gleiche. Die Zeitdauer, innerhalb welcher die Sonne diesen Bogen hin und zurück durchläuft, beträgt ganz genau 88 Erdentage. Und je nachdem dieser Bogen, in welchem die Sonne hin und her geht, entweder vollständig über dem Horizonte des Beobachters liegt oder vollständig unter demselben, oder teils über und teils unter ihm, sind die Verhältnisse ganz verschieden, und existiert eine ganz andere Verteilung von Licht und Wärme. In jenen Regionen des Merkur, für welche der genannte Bogen der Sonnenbewegung ganz unter dem Horizont bleibt, ist die Sonne niemals sichtbar, und es herrscht dort ewige Dunkelheit. In diesen Gegenden, welche ungefähr drei Achtel des ganzen Planeten umfassen, herrscht ewige Nacht, nur zufällig unterbrochen durch etwas Helligkeit infolge Refraktion und der atmosphärischer Dämmerung, oder von Nordlichtern und ähnlichen Erscheinungen, unterstützt von dem schwachen Lichte der Planeten und Sterne. Ein anderer Teil des Merkur, welcher ebenfalls drei Achtel der Oberfläche dieses Planeten umfasst, hat den Sonnenbogen stets über dem Horizont. Diese Regionen sind ununterbrochen den Sonnenstrahlen ausgesetzt, dort ist eine Nacht absolut unmöglich. Endlich giebt es noch andere Regionen, welche ein Viertel der Oberfläche des Merkur umfassen, und für welche der Sonnenbogen teils über, teils unter dem Horizont liegt. Dort allein ist ein Wechsel von Tag und Nacht möglich. Für diese bevorzugten Regionen zerfällt die Periode von 88 Tagen in zwei Teile, der eine ist charakterisiert durch anhaltendes Licht und der andere durch ununterbrochene Nacht. Für gewisse Lokalitäten sind Tag und Nacht gleich lang, für andere überwiegt der Tag, wieder für andere die Nacht, je nachdem ein grösserer oder geringerer Teil über dem Horizont liegt.

Auf einem Planeten, der in dieser Art organisiert ist, hängt die Möglichkeit organischen Lebens ab von der Existenz einer Atmosphäre, die imstande ist, die Wärme auf die verschiedenen Regionen zu verteilen der Art, um die ausserordentlichen Extreme von Hitze und Kälte zu mildern. Schon vor einem Jahrhundert vermutete Schröter das Vorhandensein einer solchen Atmosphäre des Merkur; meine eigenen Beobachtungen liefern davon bestimmtere Anzeichen und beweisen deren Vorhandensein mit sehr viel grösserer Wahrscheinlichkeit. Das erste Anzeichen ist die stets merkbare Thatsache, dass die dunklen Flecke auf der Oberfläche des Merkur am deutlichsten sichtbar sind, wenn sie sich nahe der Mitte der Scheibe befinden, dagegen undeutlicher werden und zuletzt verschwinden, sobald sie sich dem Rande nähern. Ich habe mich davon überzeugt, dass diese Erscheinung nicht einfach von der grösseren Schrägheit der perspektivischen Ansicht herrührt, sondern daher, dass sich der Wahrnehmbarkeit der Flecken am Rande ein grösseres Hindernis entgegenstellt. Dieses Hindernis scheint aber nur folgendes sein zu können. Die Strahlen, welche vom Rande der Scheibe ausgehen, haben, um bis zu uns zu gelangen, einen viel längeren Weg in der Atmosphäre des Merkur zurückzulegen, als die Strahlen aus den mittleren Teilen, weil jene die Atmosphäre schräg durchlaufen müssen, um in unser Auge zu gelangen. Man hat also Gründe, zu glauben, dass die Atmosphäre des Merkur weniger transparent ist als diejenige des Mars und in dieser Beziehung mehr unserer

Digitized by Google

Erdatmosphäre gleicht. Übrigens erscheint der kreisförmige Rand des Planeten, wo die Flecke beginnen, weniger sichtbar zu werden, stets heller als der Rest, aber oft unregelmässig glänzend, an einigen Punkten heller, an anderen weniger. Bisweilen sieht man auf diesem Rande ziemlich helle weisse Regionen, welche mehrere Tage andauern; aber im allgemeinen sind sie wechselnd und zeigen sich bald an dieser, bald an jener Stelle. Ich schreibe diese Erscheinungen Kondensationen zu, welche in der Merkuratmosphäre stattfinden; diese müssen nämlich das Sonnenlicht um so lebhafter reflektieren, je dichter sie sind. Ähnliche weisse Regionen zeigen sich häufig selbst in den innern Teilen der Scheibe, aber dann sind sie nicht mehr so hell als am Rande.

Noch mehr. Die dunklen Flecke des Planeten, obwohl sie in ihrer Form und gegenseitigen Lage konstant sind, erscheinen nicht immer gleich deutlich. Sie sind bisweilen intensiver, oft wieder bleicher, ja es ereignet sich auch wohl, dass der eine oder andere Fleck momentan unsichtbar wird. Diese Eigentümlichkeit kann man wohl kaum einer anderen Ursache zuschreiben als atmosphärischen Kondensationen von ähnlicher Natur, wie unsere Wolken sind, die unserem Blicke bisweilen diesen oder jenen Teil der Merkuroberfläche verdecken. Ein Beobachter, welcher aus der Tiefe des Himmelsraumes unsere Erde betrachtete, würde hier etwas Ähnliches infolge der irdischen Wolken wahrnehmen.

Über die Natur der Merkuroberfläche können wir nur wenig aussagen. Zunächst ist zu bemerken, dass drei Achtel dieser Oberfläche für die Strahlen der Sonne unzugänglich bleiben, daher auch für unser Auge. Von dieser Seite haben wir keine grosse Hoffnung, je etwas Sicheres zu erfahren. Es wird auch grosse Schwierigkeiten haben, eine zuverlässige Kenntnis derjenigen Oberfläche des Merkur zu erhalten, welchen wir sehen können. Die dunklen Flecke, selbst wenn sie nicht durch atmosphärische Kondensationen unsichtbar gemacht worden sind, zeigen sich stets nur in Form von sehr schwachen Schattenzügen; unter gewöhnlichen Verhältnissen kann man sie nur mit grosser Mühe und Aufmerksamkeit wahrnehmen. Bei besseren Gelegenheiten zeigen diese Schatten einen braunen und warmen Ton, wie Sepia Dieser Ton erhebt sich nur sehr wenig von der gewöhnlichen Farbe des Planeten, welche meist ein lichtes Rosa ist. Es ist sehr schwer, in zufriedenstellender Weise die Gestalt dieser verwaschenen Flecken wiederzugeben, besonders weil ihre Umrisse so wenig Schärfe haben, dass der Willkür ein gewisser Platz bleibt. Indessen habe ich Grund zu der Annahme, dass diese Unbestimmtheit der Umrisse grösstenteils nur scheinbar ist und herrührt von der nicht genügenden optischen Kraft des Fernrohres. Denn je besser die Bilder waren, und je vorzüglicher das Sehen, umsomehr offenbarte sich in diesen matten Flecken eine Tendenz, sich in eine Menge von kleinen Details aufzulösen. Es ist kein Zweifel, dass bei Anwendung eines mächtigeren Teleskopes alles sich in schärfer abgesonderte Gestalten auflösen werde, genau so, wie man mit Hilfe eines Opernglases die dem Auge verwaschen und unbestimmt erscheinenden Mondflecken in eine Menge von scharfen Details auflöst. Gegenüber dieser Schwierigkeit der genauen Wahnehmung der Merkurflecken scheint es nicht leicht, eine auch nur etwas begründete Meinung über ihre Natur zu äussern. Man könnte diese Flecken einfach der Ungleichheit der Materien zuschreiben, welche die feste Oberfläche des Planeten bilden, wie wir wissen, dass es beim Monde der Fall ist. Aber, wenn man in diesen dunklen Flecken irgend etwas unseren Meeren Ähnliches sehen und zu Gunsten dieser Annahme auf die Atmosphäre dieses Planeten und die Kondensationen derselben hinweisen wollte, so glaube ich nicht, dass man dieser Meinung entscheidende Argumente entgegenstellen könnte. Diese Flecke sind nicht zu grossen Massen vereinigt, sondern verteilt nach Strichen und Zonen von geringer Ausdehnung, sehr verästelt und in ziemlich vereinzelter Weise mit mässig hellen Räumen wechselnd. Man muss also schliessen, dass es auf dem Merkur weder

Digitized by Google

grosse Ozeane, noch grosse Festländer giebt, sondern, dass dort Land und Meer sich gegenseitig durchdringen und so einen Zustand der Dinge begründen, welcher sehr von dem auf der Erde verschieden ist, aber den wir vielleicht beneiden können.

Merkur ist eine Welt, welche ebenso wie Mars von der unserigen verschieden ist Die Sonne erleuchtet und erwärmt ihn weit lebhafter und auf eine ganz andere Art wie unsere Erde. Und wenn Leben auf diesem Weltkörper existiert, so findet es dort Verhältnisse, welche derart von den unserigen abweichen, dass wir kaum wagen, sie uns auszumalen. Die ewige Gegenwart der Sonne, welche fast senkrecht ihre Strahlen auf einen Teil der Merkuroberfläche herabsendet, und die ewige Abwesenheit dieser Sonne für die entgegengesetzte Seite, erscheinen uns in gleicher Weise unerträglich. Dennoch, wenn man darüber nachdenkt, so bemerkt man, dass gerade dieser grosse Kontrast eine viel schnellere Zirkulation der Atmosphäre erzeugen muss, eine viel mächtigere und regelmässigere, als diejenige ist, welche die Elemente des Lebens auf unserer Erde verbreitet. Und vielleicht geschieht es auf diese Weise, dass auf jenem Planeten ein Gleichgewicht der Temperatur herrscht, ebenso vollständig oder vielleicht noch vollkommener als bei uns. Indem Merkur der Sonne stets dieselbe Seite zuwendet, unterscheidet er sich wesentlich von allen anderen Planeten, da diese, so weit man ihre Rotation kennt, in verhältnismässig kurzer Zeit sich um ihre Axen drehen. Aber jene Art der Umdrehung, welche Merkur allein unter den Hauptplaneten zeigt, scheint die gewöhnliche bei den Monden zu sein, wenigstens fand sich dies, so oft es gelang, die Rotation eines solchen Mondes zu studieren. Die Ausnahme, welche Merkur macht, scheint nicht ohne Grund. Sie hängt wahrscheinlich mit seiner Nähe bei der Sonne zusammen und mit dem Umstande, dass er keinen Mond besitzt. Sie hängt, wie ich denke, ab von der Art und Weise, wie Merkur sich bildete in jener Zeit, als das Sonnensystem seine heutige Form erhielt.

Jedenfalls bildet die besprochene Eigentümlichkeit des Merkur ein neues Dokument zu denen, welche die Astronomen berücksichtigen müssen, welche sich mit dem Studium der Entstehung des Sonnensystems beschäftigen".

Venus.

Wie Merkur, so gehört auch Venus zu den Planeten, welche verhältnismässig wenig beobachtet werden, offenbar aus dem Grunde, weil sie der teleskopischen Betrachtung nur eine geringe Ausbeute gewähren. Die Rotationsdauer der Venus schien jedoch durch die Beobachtungen, welche einst de Vico auf der Sternwarte zu Rom angestellt, und die eine Bestätigung der alten Wahrnehmungen von Cassini lieferten, endgültig bestimmt. Neuerdings hat jedoch Prof. Schiaparelli darauf aufmerksam gemacht, dass in dieser Beziehung noch völlige Ungewissheit herrscht [1]), und dass die so oft angeführten Beobachtungen von Domininus Cassini, sowie die Untersuchungen von Jakob Cassini keineswegs denjenigen Grad von Sicherheit darbieten, den man ihnen so lange zugewiesen hat. Ebenso beruhen, wie Schiaparelli ausführlich zeigt, die Folgerungen Schröters über die Rotationsdauer der Venus auf Irrtum; endlich, was zunächst überraschend

[1]) Rendiconti del R. Istituto Lombardo, [2.] **23**. Deutsche Übersetzung im Sirius 1889, Heft 5 u. ff.

Digitized by Google

klingt, aber nach den Ausführungen Schiaparellis nicht weiter zu bezweifeln ist, sind auch die Beobachtungen de Vico's und seines Mitarbeiters Palomba auf der Sternwarte zu Rom durchaus nicht geeignet, die Rotationsdauer der Venus mit Sicherheit zu ergeben. Venus ist, wenn es sich um Wahrnehmung von Flecken auf ihrer Oberfläche handelt, ein überaus undankbares Objekt, wie jeder Beobachter weiss. Trotz langjähriger Bemühungen gelang Schiaparelli nur eine einzige einigermassen ausgedehnte Beobachtungsreihe, in welcher er die fast absolute Unveränderlichkeit mehrerer heller Flecken in der Nähe des südlichen Horns der Venussichel nachweisen konnte. Daraus schliesst der Mailänder Astronom, dass Venus ein Planet von langsamer Rotationsdauer ist und am wahrscheinlichsten bei ihr, wie beim Merkur, Umlaufszeit und Rotationsdauer zusammenfallen.

Der Mond.

Das Studium der Topographie der Mondoberfläche wird von verschiedenen Seiten eifrig betrieben Dabei handelt es sich indessen nicht um die Herstellung einer neuen Generalkarte des Mondes in grösserem Massstabe als etwa die Karte des Mondes von Schmidt, sondern um das möglichst eingehende Studium kleiner Oberflächenteile unseres Trabanten bei starken Vergrösserungen. Gelegentlich sind dabei Vermutungen über Neubildungen in einzelnen Teilen der Mondscheibe ausgesprochen worden. So glaubte Gaudibert einen neuen Krater auf dem westlichen Ringwalle des Gassendi wahrzunehmen; indessen ergab sich aus den Beobachtungen des Berichterstatters, dass jene Formation schon früher vorhanden war [1]) Grösseres Aufsehen erregte eine Mitteilung von Prof. Thury in Genf, der am Centralkrater des Plinius grosse Veränderungen wahrgenommen zu haben meinte. Die Erklärung dieser Veränderung durch Prof. Thury [2]) ist jedoch völlig irrig und ganz unzulässig. Was zunächst die Thatsache selbst betrifft, so ist die von Thury wahrgenommene Gestalt des Centralkraters auch von mir und noch etwas früher, gesehen worden. Dieses Aussehen des Centralgebirges ist aber gar nichts neues, denn es findet sich schon auf der Mondkarte von Schmidt. Wenn Mädler und Lohrmann auf ihren Karten diesen Doppelkrater nicht haben, so beweist dies nur, dass sie den Centralberg nicht häufig genug beobachteten, um seine wahre Gestalt zu erkennen. Denn schon 1822 und 1826 hat Gruithuisen die beiden Krater gesehen und wie mir die Bearbeitung seines handschriftlichen Tagebuches ergeben hat, waren damals die Sichtbarkeitsverhältnisse beider Kraterhöhlen genau die nämlichen

---

[1]) Sirius 1890, S. 5 u. ff. [2]) Astronom. Nachrichten No. 2940.

Digitized by Google

wie heute. Bei zunehmendem Monde, als die Lichtgrenze östlich von Eudoxus lag, „hat Plinius (1822) im Centralberge 2 kohlschwarze Öffnungen;" nachdem sie weiter bis zum Autolycus fortgeschritten, „hat Plinius statt des Centralberges (noch immer) zwei kleine Circellchen;" als die Lichtgrenze über den Ostrand des Alphonsus und westlich vom Pico verlief, am 28. Mai 1822, sind „die 2 Circellchen mit 180 f. Vergröss. des 60 zölligen Tubus sichtbar und haben dunkelgraue Ringflächen. Mit 136 f. Vergr. des 30 zölligen Tubus aber würde man sie nie entdeckt haben, obgleich man eines davon zur Not sehen kann." Bei noch weiter fortschreitender Lichtgrenze des zunehmenden Mondes sah Gruithuisen nichts mehr von den „Circellchen", das Centralgebirge erschien ihm und wurde von ihm gezeichnet als eine kleine helle, kumulusförmige Masse. Bei abnehmendem Monde dagegen, als die Abendlichtgrenze über Herkules verlief, zeigte sich am Centralberge des Plinius wieder etwas wie ein Krater. Am 13. November 1821 bemerkt Gruithuisen: „Das Centralgebirge im Plinius ahmt einem Circellchen nach." Dieses ist der Thury'sche Centralkrater vom 13. September 1889. In den schon allein aus Gruithuisens Wahrnehmungen folgenden regelmässigen Verlauf des Aussehens vom Centralgebirge des Plinius passen alle späteren Beobachtungen und Beschreibungen, einschliesslich derjenigen von Prof. Thuryl vollständig hinein. Es handelt sich nicht, wie Letzterer glaubt, um physische Veränderungen im Laufe langer Jahresperioden, sondern um regelmässig in jeder Lunation wiederkehrende optische Veränderungen, wie solche zahlreiche andere Objekte der Mondoberfläche in gleichem Grade zeigen. Meinen Erfahrungen gemäss, die sich nunmehr auf eigene Beobachtungen während fast 25 Jahren erstrecken, beschränken sich die konstatierten Veränderungen der Mondoberfläche auf diejenigen Beispiele, welche Julius Schmidt und ich selbst früher nachgewiesen haben.

Eine merkwürdige Erscheinung bei der Bedeckung durch den Mond am 7. August 1889 zeigte der Planet Jupiter. Man sah nämlich ein schmales graues Band beim Austritt des Jupiter auf dessen Scheibe parallel dem Mondrande, gewissermassen als wenn auf dem Mondrande eine niedrige, nicht vollkommen durchsichtige Atmosphäre ruhe. H. E. Stuyvaert von der Brüsseler Sternwarte, der die Erscheinung beobachtete, bemerkt darüber: „Der Mond bot bei dieser Bedeckung des Jupiter die bereits früher wahrgenommene, aber unvollkommen erklärte Erscheinung eines grauen Bandes, welches sich auf der Planetenscheibe projizierte, ebenso wie bei den Mondfinsternissen das überraschende Phänomen der Sichtbarkeit des Erdschattens ausserhalb der Scheibe des Mondes. Wenn man diese befremdlichen Erscheinungen zusammenhält mit den nicht minder ausserordentlichen, die man bei Sternbedeckungen durch den Mond bisweilen

Digitized by Google

wahrnimmt, und die darin bestehen, dass einzelne Sterne für Momente auf der Mondscheibe selbst zu stehen scheinen, andere nicht augenblicklich verschwinden oder wiedererscheinen, wieder andere ihre Helligkeit vermindern, wenn der polare Rand des Mondes sie eben streift, so hat man eine Gesamtheit von Erscheinungen, die sich am Mondrande abspielen, und die auf ein und dieselbe Ursache zurückzuführen sind. Es ist glaublich, ungeachtet der über diesen Gegenstand gegenwärtig herrschenden entgegengesetzten Anschauungen, dass irgend eine Materie bisweilen, wenn nicht immer, den Mondrand umgiebt oder sich auf demselben projiziert."

Die in Vorstehendem von Stuyvaert geschilderten Erscheinungen sind nach meiner Meinung nicht beweisend für die Existenz einer gewissen Materie in der Nähe des Mondrandes, vielmehr halte ich sie für rein optisch. Wenn ein Fernrohr für den glänzend hellen Mondrand scharf eingestellt ist, so ist es dies nicht für die verhältnismässig bleiche Jupiterscheibe und umgekehrt. Dies ist eine Thatsache. Nehme man jetzt an, es sei ein Instrument so eingestellt, dass der Rand einer sehr weit entfernten, matten Scheibe möglichst scharf erscheint, so ist der Rand einer daneben sichtbaren, gleich weit entfernten, blendend hellen Scheibe ein klein wenig verschwommen, da die Akkommodation des Auges sich mit der Helligkeit ändert. Man kann dies unmittelbar kaum oder gar nicht bemerken. Lässt man aber beide Scheiben bis zur Berührung einander sich nähern, so wird an der Berührungsstelle um die helle Scheibe ein schmaler, etwas dunkler Ring sichtbar, aber nur so weit, als derselbe sich auf der matten Scheibe projiziert, und diese zeigt dann genau jene Abdunklung auf einem schmalen Bande, wie solche Stuyvaert beschreibt. Das Ganze ist eine Irradiationserscheinung, die man experimentell sehr leicht darstellen kann, und welche auch das sogenannte Kleben der Sterne am Mondrande oder das scheinbare Vortreten derselben vor die Mondscheibe völlig erklärt. Diese Erscheinungen finden nur am hellen Mondrande statt und in der That hat Stuyvaert beim Antritt des Jupiters an dem dunklen Mondrande nichts Aussergewöhnliches gesehen. Die anscheinende Verbreiterung des letzten Restes der Jupiterscheibe, ehe sie hinter den dunklen Mondrand trat, erklärt sich auch aus der obigen Ursache, denn nun spielt Jupiter neben dem dunklen Mondrande die Rolle eines hellen Lichtes

Eine andere Erklärung der Erscheinung giebt G. Davidson [1]). Nach seiner Ansicht beruht dieselbe auf der Unruhe unserer Atmosphäre, welche den Mondrand in unregelmässige Wallungen versetzt und bei Fixsternen gleichzeitig diese statt als Punkte

---

[1]) Monthly Notices, 7. p. 385.

als unregelmässige Lichtflecken erscheinen lässt. Meines Erachtens ist jedoch diese Erklärung nicht geeignet, die bei den Sternbedeckungen wahrgenommenen Phänomene zu erklären.

Photographische Aufnahmen der Mondoberfläche sind neuerdings mit weit grösserem Erfolge als früher gemacht worden. Auf der Lick-Sternwarte hat man bereits eine grosse Zahl von Mondphotographien erhalten, die meisten davon in Gestalt von ganzen Phasenbildern, neuerdings sind auch einige Detailaufnahmen gelungen, deren Untersuchung noch schwebt. Auch auf der Wiener Sternwarte hat man Phasenbilder des Mondes photographiert, die alle Beachtung verdienen, und endlich ist Ähnliches von der Sternwarte zu Brüssel zu melden. Die Gebrüder Henry auf dem Pariser Observatorium haben endlich einige Mondlandschaften im Detail photographiert und sollen dabei vortreffliche Resultate erhalten haben, doch sind diese Aufnahmen bis jetzt dem Berichterstatter nicht zu Gesicht gekommen.

Temperatur der Mondoberfläche. Langley vom Aleghany-Observatorium, dessen Untersuchungen über die Wärmestrahlung so wichtige Resultate ergeben haben, hat auch Experimente über die Wärme des Mondes angestellt und darüber berichtet [1]). Die Bestimmung dieser Wärme gehört zu den feinsten und schwierigsten Arbeiten auf dem ganzen Gebiete der Astrophysik, nicht nur weil die zu ermittelnde Grösse so ausserordentlich gering ist und noch ausserdem aus zwei Teilen besteht, nämlich der von der Mondoberfläche reflektierten Wärme und derjenigen, welche die von der Sonne erwärmte Mondfläche wieder ausstrahlt, sondern auch deshalb, weil die Erdatmosphäre störend dazwischen tritt, die reine Strahlung verdeckt und infolge ihrer schnell wechselnden Wärmedurchlassung viele Änderungen hervorruft, die nur scheinbar sind, und deren Betrag schwer zu schätzen ist Dieser störende Einfluss der Erdatmosphäre ist sogar die Hauptquelle aller Schwierigkeit, denn die Kleinheit der Wärmestrahlung erschwert, bei der Empfindlichkeit des angewandten Instrumentes, des sogenannten Bolometers, nicht deren genauen Nachweis.

Den frühesten Nachweis des Vorhandenseins der Mondwärme gab Melloni 1846 mittels der kurz vorher erfundenen Thermosäule, genauere Resultate erhielt sehr viel später Lord Rosse, doch blieb sehr viel zu wünschen übrig, und Rosse selbst erklärte das Problem noch für ungelöst. Langley hat sich schon seit mehreren Jahren mit Studien über die Wärmestrahlung des Mondes befasst und kam bereits vor längerer Zeit zu dem Resultate, dass die seit John Herschel allgemein angenommene Ansicht, die Oberfläche des von der Sonne bestrahlten Vollmondes müsse eine Temperatur haben, welche die des siedenden

[1]) Americ. Journal of Science [3.] 38. 1889, p. 421.

Digitized by Google

Wassers übersteige, völlig irrig ist; vielmehr könne die Temperatur des von der Sonne beschienenen Teiles der Mondoberfläche nicht sehr von derjenigen des Gefrierpunktes unseres Wassers entfernt sein. Dieses merkwürdige Ergebnis hat Herr Langley durch neue Untersuchungen geprüft und im wesentlichen bestätigt gefunden. Seine Beobachtungen erstrecken sich über den Zeitraum vom Oktober 1884 bis zum Februar 1887 und beziehen sich auf alle Fragen, welche mit dem Problem der Mondstrahlung nur irgend im Zusammenhang stehen. Um von der Feinheit dieser Beobachtungen eine Vorstellung zu geben, sei nur hervorgehoben, dass bei der Mondfinsternis vom 23. Septbr. 1885 die Abnahme der Wärmestrahlung des Mondes schon deutlich wurde, als der Halbschatten die Scheibe bedeckte, und dass die Wärmeabnahme messbar war, lange bevor das Auge eine Spur des Schattens auf der Mondscheibe wahrzunehmen vermochte. Die Wärme nahm schnell ab mit dem Fortrücken der Verfinsterung, aber niemals verschwand die Mondstrahlung vollständig von dem Teile, der in vollem Schatten lag. Eine Stunde vor der Mitte der totalen Verfinsterung betrug die Ablenkung im Kernschatten 3.8 Skalenteile; 50 Minuten nach der Mitte war sie auf 1.3 Teilstriche zurückgegangen, d. i. auf 1% der Wärme von einer gleichen Fläche des unverfinsterten Mondes.

Die Wärme vom verfinsterten Monde wurde durch Glas absolut aufgehalten. Die Steigerung der Temperatur nach dem Vorübergange des Schattens war fast ebenso schnell als das frühere Sinken. Der Wechsel des Mondklimas während der Finsternis, wie er sich aus diesen Beobachtungen weniger Stunden ergiebt, muss die Änderung der Temperatur von unserer heissen Zone zur strengsten Kälte unseres arktischen Winters übertreffen. Wiederholte Beobachtungen der dunklen Seite des Mondes haben dasselbe Spektrum gegeben, wie der Himmel weit ab vom Monde; daraus folgt, dass der Mond keine eigene Wärme besitzt, und seine Strahlung nur durch absorbierte Sonnenwärme bedingt ist.

Die unmittelbaren Beobachtungen ergaben, dass die Temperatur der von der Sonne frei bestrahlten Mondoberfläche zwischen 0° und -20° C liegt. Indessen sind die Strahlungswerte, welche zu diesen Angaben führen, von der Absorption in unserer irdischen Atmosphäre beeinflusst; also geringer, als sie ohne dies sein würden. Um diese Einwirkung zu bestimmen, hat Herr Langley besondere Untersuchungen angestellt mit Benutzung einer dunklen kalten Strahlungsquelle und einer Luftschicht von 100 *m* Dicke. Aus diesen Beobachtungen wurde auf die Gesamtabsorption der Atmosphäre geschlossen und damit berechnet, dass die höchste Temperatur, welche die Mondoberfläche erreichen kann $+50^{\circ}$ C. nicht übersteigt. Das wäre also eine Maximaltemperatur des Mondbodens unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung, welche hinter der höchsten Temperatur, die der Erdboden in der heissen

Digitized by Google

Zone erreicht, nicht unwesentlich zurückbleibt. Jedenfalls scheint es ausgeschlossen, dass der von der Sonne bestrahlte Mond an seiner Oberfläche bis zu Wärmegraden erhitzt wird, welche diejenigen des kochenden Wassers erreichen oder gar übersteigen. Um aber die Feinheit der Beobachtungen des Herrn Langley voll zu würdigen, mag noch bemerkt werden, dass die gesamte Wärmestrahlung des Mondes auf unsere Erde, wenn man sie sammelte und auf ein geschwärztes Thermometer fallen liesse, die Temperatur desselben nur um $^1/_{6000}$ Grad des hundertteiligen Thermometers erhöhen würde

Mars.

Die Beobachtungen während der letzten Opposition des Mars (1890) sind noch nicht veröffentlicht. Mittlerweile ist es jedoch, wie Prof. Pickering meldet, gelungen, auf dem Mount Wilson in Californien 14 photographische Aufnahmen des Mars zu erhalten (am 9. und 10. April 1890). Dieselben zeigen am letztgenannten Tage eine ausserordentlich grosse Ausdehnung des südlichen Polarflecks, bis zu 30° s. Br., und Prof. Pickering schliesst daraus auf einen damals auf dem Mars eingetretenen allgemeinen Schneefall.

Jupiter.

Bezüglich dieses Planeten ist zunächst wenig Neues zu bemerken Der rote Fleck ist noch vorhanden. Anfangs Juli fand eine Konjunktion dieses Fleckes mit einem dunklen Fleck desselben Planeten statt, und A Stanley Williams, der in dieser Zeit den Jupiter aufmerksam beobachtete, fand, dass der dunkle Fleck unter der roten Wolke verschwand, diese letztere also in einem höheren Niveau schwebt[1]).

Saturn.

Dieser Planet ist in den letzten Jahren wiederholt auch mit grossen Instrumenten beobachtet worden, ohne dass sich wesentlich Neues dabei ergeben hätte. Nur so viel scheint gegenwärtig festzustehen, dass ausser der Cassini'schen Trennung und der schwachen Encke'schen Linie eigentliche sonstige Trennungen nicht auf den Ringen vorhanden sind. Trouvelot hat das Ringsystem in den Jahren 1877—78 aufmerksam verfolgt zur Zeit, wo Sonne und Erde durch die Ebene des Ringes gingen, letzterer uns also nur die schmalen Seiten zuwandten[2]). Er bestätigte, was schon frühere Beobachtungen gelehrt hatten, dass der Ring

[1]) Observatory 1890. Aug. p. 274.
[2]) Bulletin Astronomique 7. 1890. p. 147, 187.

Digitized by Google

lokale Ausbiegungen besitzt, und dass die Cassini'sche Trennungslinie, sobald der Ring sehr schmal wird, auf einem Ringhenkel leichter und länger sichtbar bleibt, als auf der anderen.

Sehr wichtige Messungen der gegenseitigen Stellungen der Saturnsmonde sind am 30-Zoller der Sternwarte zu Pulkowa angestellt worden[1]. Sie haben zur Auffindung einiger merkwürdigen Gesetze der Bewegung mehrerer dieser Trabanten geführt und zum ersten Male uns einen genäherten Wert für die Massen mehrerer der letzteren gegeben. So folgt z. B. für die Masse des Mimas $^1/_{11500000}$ der Saturnsmasse oder kaum 0,0007 der Masse unseres Mondes.

Uranus.

Am grossen Äquatorial zu Nizza ist dieser Planet in den letzten Jahren wiederholt beobachtet worden. Man sah auf seiner Scheibe parallele dunkle Streifen, ähnlich denjenigen des Jupiter, und der Positionswinkel derselben ergab sich zu 24.5°. Hiernach darf angenommen werden, dass die Ebene des Uranusäquators nur wenig von der Bahnebene seiner Trabanten abweicht. Der kleinste Durchmesser der Scheibe des Uranus steht senkrecht zur Richtung der Streifen, und die Abplattung ergab sich nicht geringer als $^1/_{20}$.

Das Spektrum des Uranus ist auf der Privatsternwarte des Herrn Common zu Ealing mit dem dortigen grossen Glasspiegelteleskop von 5 Fuss Durchmesser untersucht worden[2]. Die grosse Lichtstärke des Reflektors gestattete die Benutzung eines kraftvollen Spektroskops und die mikrometrische Messung der Lage der einzelnen dunklen Banden. Solcher sind hauptsächlich vier vorhanden, in Orange, Grün, Grünblau und Blau, dazwischen hellere Streifen, von denen einige gegen Rot hin und andere gegen das blaue Ende des Spektrums scharf begrenzt sind. Von den dunklen Linien des Sonnenspektrums oder von schmalen dunklen Linien war keine Spur zu bemerken. Bei späteren Beobachtungen mit einem kraftvollen Spektroskop zeigten sich 10 dunklere Banden aber keine Spur der Sonnenlinien. Die hellen Streifen hält der Beobachter Albert Taylor nicht für Kontrasterscheinungen, hervorgerufen durch die dunkleren Banden, sondern für wirklich leuchtende Streifen, und glaubt, dass man auf Grund ihres Vorhandenseins an ein geringes Selbstleuchten des Uranus denken müsse. Auch der Planet Neptun ist nach seiner Meinung noch in einem gewissen Grade selbstleuchtend. Dagegen kommt Keeler auf Grund der spektroskopischen Beobachtungen am 36zolligen Lick-Refraktor zu der Überzeugung,

---

[1]) Astr. Nachrichten, No. 2883—84. [2]) Monthly Notices, 49. (8) p. 405.

dass im Spektrum des Uranus keinerlei helle Linien wahrzunehmen sind, sondern nur dunkle Streifen, von denen der breiteste bei $\lambda = 6180$ liegt.

Die Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1889. Gemäss den Beschlüssen der Astronomischen Gesellschaft[1]) werden die einzelnen Kometen demjenigen Jahre zugezählt, in welchem ihr Durchgang durch die Sonnennähe stattfindet Demgemäss muss als Komet I 1889 der von Barnard am 2. September auf der Lick-Sternwarte entdeckte bezeichnet werden. Dieser Komet wurde vor der Sonnennähe zuletzt am 17. Februar zu Rom beobachtet, nach derselben zuerst am 22. Mai zu Kremsmünster, zuletzt am 24. Oktober zu München. Der Komet war ziemlich hell, rund und klein mit einem sternähnlichen Kern und kurzem Schweif. Seine Bahn hat Berberich berechnet und folgende Elemente gefunden (mittl. Äquinoctium 1889,0):

T = 1889 Januar 31. 20.908 mittl. Zeit von Berlin
$\pi = 337^0\ 52'\ 54.7''$ $\Omega = 357^0\ 25'\ 14.9''$
$i = 166^0\ 22'\ 12.8''$ $\log. q = 0.258\ 852$; $\log. e = 0.000\ 471$

Der Komet bewegte sich hiernach in einer Hyperbel, und ist der hyperbolische Charakter der Bahn recht sicher.

Komet Brooks, am 14 Januar zu Geneva entdeckt, als schwacher Nebel, aber am folgenden Abende wegen Mondschein und auch später nicht mehr gefunden, daher für die Bahnberechnung verloren.

Komet II 1889, von Barnard auf der Lick-Sternwarte am 31. März entdeckt, sehr schwach mit sternähnlichem Kern und wegen seiner langsamen geozentrischen Bewegung zur Zeit der Konjunktion mit der Sonne einige Monate lang unsichtbar, dann bis zum 21. November beobachtet. Die Bahn ist von Millosovich berechnet worden (mittl. Äqu. 1889.0):

T = 1889 Juni 10., 80.670 mittl. Zeit von Berlin
$\pi = 186^0\ 46'\ 58.4''$ $\Omega = 310^0\ 42'\ 9.7''$
$i = 163^0\ 50'\ 26.0''$ $\log. q = 0.353\ 260$.

Der Komet blieb in der Sonnennähe 2.256 Erdbahnradien von der Sonne entfernt und wird in dieser Hinsicht nur von den Kometen 1729 und 1885 II übertroffen.

Komet III 1889, ebenfalls von Barnard entdeckt, am 23. Juni. Er war äusserst schwach und konnte nur bis zum 6. August verfolgt werden. Die Berechnung von Berberich ergiebt, dass der Komet höchst wahrscheinlich eine elliptische Bahn beschrieb.

---

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. 2. p. 230, 7. p. 1, 8. p. 158.

Digitized by Google

Folgendes sind deren Elemente (mittl. Äqu. 1889.0):

T = 1889 Juni 20., 78.160 mittl. Zeit von Berlin

$\pi = 331^0\ 6'\ 9.0''$ $\Omega = 270^0\ 58'\ 3.9''$ $i = 31^0\ 12'\ 49.6''$

log. q = 0.042 338 log. e = 9.980 760.

Die Umlaufszeit würde also 128.3 Jahre sein, ein noch sehr unsicheres Datum.

Komet IV 1889, am 19. Juli von J. Ewen Davidson zu Branscombe in Queensland mit blossem Auge entdeckt, nahm bald an Helligkeit ab, zeigte aber noch am 30. Juli nach einer Photographie der Lick-Sternwarte einen 1° langen Schweif, sowie am 17. August nach den Wahrnehmungen Kammermans in Genf einen schwachen zweiten Schweif, der 65—70° gegen den Hauptschweif geneigt war, ebenso nach Ricco in Palermo anfangs August einen doppelten Kern, der sogar am 11. August dreifach erschien. Die Bahnberechnung durch Prof. Lamp ergab folgende Elemente (mittl. Äqu. 1889.0):

T = 1889 Juli 19., 32.122 mittl. Zeit von Berlin

$\pi = 272^0\ 0'\ 23.1''$ $\Omega = 286^0\ 8'\ 10.1''$

$i = 66^0\ 0'\ 58.1''$ log q = 0.016942.

Komet V 1889, von Brooks zu Geneva am 6. Juli entdeckt und bei weitem der interessanteste Komet dieses Jahres, ja einer der merkwürdigsten Kometen überhaupt. Er gehört zu den periodischen Kometen von kurzer Umlaufsdauer, und die ersten Beobachtungen schon führten auf eine Periode von 7 Jahren. C. S. Chandler hat darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Komet sich 1886 dem Jupiter sehr näherte (am 21. Mai bis auf 0 0098 Erdbahnhalbmesser, also zwischen die Bahnen des 3. und 4. Jupitermondes), und seine Bahn damals infolge der Störungen durch diesen Planeten beträchtliche Umgestaltungen erlitten habe. Die Berechnung der Bahn vor Beginn dieser Störung führte den genannten Astronomen zu dem ferneren Resultate, dass der Komet wahrscheinlich identisch ist mit dem berühmten Lexell'schen Kometen des Jahres 1770. Im Juni jenes Jahres entdeckte Messier nämlich einen Kometen, und Lexell erkannte, dass dieser sich in einer elliptischen Bahn bewege mit einer Umlaufszeit von 5 Jahren 7 Monaten. Allein weder vor-, noch nachher ist dieser Komet gesehen worden, obgleich er recht hell war. Erst Burckhardt's Rechnungen klärten die Sache auf, indem dieser nachwies, dass der Komet erst durch seine bedeutende Annäherung an den Jupiter 1767 in seine enge elliptische Bahn geworfen sei, dass er aber 1779 durch eine entgegengesetzte Wirkung des Jupiter wieder aus derselben gelenkt wurde. Indem nun Herr Chandler für den Brooks'schen Kometen zurückrechnete, gelangte er zu dem Resultate, dass dieser 1779 dem Jupiter sehr nahe gekommen sei und von diesem eine beträchtliche Störung erlitten habe, genau da, wo auch Lexell's Komet vom Jupiter in eine neue Bahn geworfen wurde. Aber noch mehr. Ein Ver-

Digitized by Google

gleich der Bahnelemente des Lexell'schen Kometen, welche Leverrier berechnet hat, um die Nachforschung der Identität mit anderen Kometen zu erleichtern, zeigt eine so grosse Ähnlichkeit mit derjenigen des Brooks'schen Kometen, dass die Identität beider sehr wahrscheinlich wird. Im Jahre 1921 wird dieser Komet von neuem grosse Störungen seiner Bewegung erleiden, und es ist notwendig, dass die Astronomen seine Rückkehr in den Jahren 1896, 1903, 1910 und 1917 benutzen, um die Theorie seiner Bewegung zu sichern. Auch in Bezug auf seine physischen Verhältnisse ist der Brooks'sche Komet V 1889 von sehr grossem Interesse geworden Er zeigte nämlich eine Anzahl kleiner Begleiter, die sich wie Abkömmlinge des Hauptgestirns ausnehmen. Dieselben sind zuerst von Herrn E E. Barnard bemerkt worden [1]).

Diese Begleiter hat man bisweilen als „Fragmente“ bezeichnet, allein Barnard bemerkt, dass dies unzulässig sei. Die Messungen zeigten vielmehr deutlich, dass eine Trennung des Nebenkometen vom Hauptgestirn keineswegs ein Vorgang sein könne, welcher sich in kurz der Entdeckung voraufgehenden Tagen vollzogen habe. Ihre Bildung als selbständige Körper habe vielleicht schon 1886 stattgefunden, als der Hauptkomet, wie Chandler gezeigt, sich dem Jupiter ausserordentlich näherte. Andererseits ist die Bezeichnung als „Fragmente“ auch deshalb ungeeignet, weil jene Begleiter sich in jeder Hinsicht als bestimmte Kometen nach Gestalt und Individualität zeigten, so gut wie das Hauptgestirn selbst.

Diese Begleiter sind von Barnard vor dem 1. August nicht gesehen worden, weil am 8., 9. und 10. Juli Mondschein hinderlich war, und später der 12 zollige Refraktor wegen einer notwendigen Reparatur bis zum 1. August ausser Benutzung bleiben musste.

Diese Begleitkometen sind zum Teil auch auf anderen Sternwarten, hauptsächlich zu Wien und Pulkowa gesehen worden, nirgends aber so lange und so vollständig als auf Mount Hamilton. Herr Barnard bezeichnet den Hauptkometen mit A, die 4 Begleiter desselben mit B, C, D, E und findet, dass der in Wien mit 1 bezeichnete Begleiter B ist, der mit 2 bezeichnete ist C, der mit 3 bezeichnete ist E, D ist in Wien nicht gesehen worden, obgleich er heller als E war. Was Pulkowa anbelangt, so ist der dort mit (2) bezeichnete Begleiter auf Mount Hamilton nicht gesehen worden, obgleich er nach Herrn Barnard's Versicherung dort nicht hätte verborgen bleiben können, wenn seine Existenz auch nur auf 8 Stunden beschränkt gewesen wäre. Demzufolge und da (2) in Pulkowa nur einmal, am 20. August, wahrgenommen ist, an einem Orte, wo sich nach den Untersuchungen

[1]) Astronom. Nachrichten, No. 2988.

Digitized by Google

zu Mount Hamilton nahebei ein Nebel findet, glaubt Barnard, dass dieser oder ein anderer Nebelfleck irrtümlich in Pulkowa für einen Begleiter des Kometen genommen worden sei Der Begleiter (3) zu Pulkowa ist identisch mit B und Begleiter (4) mit C. Die Begleitkometen D und E sind in Pulkowa nicht gesehen worden.

Auf Mount Hamilton ist das ganze Kometensystem während seiner Sichtbarkeit bei jeder Gelegenheit, die sich darbot, mit dem grossen Refraktor beobachtet worden, von dem Tage der Wahrnehmung der Begleiter an bis zu dem Augenblicke, wo sie aus dem Gesicht verloren wurden Die nebelige Hülle oder Scheide, welche man in Wien um den Hauptkometen und seine Begleiter zu erkennen glaubt, war an dem nämlichen Tage am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte nicht zu sehen, obgleich man dort nach einer solchen nebeligen Verbindung sehr aufmerksam suchte. Brooks sah am 7 August „ein Fragment, welches sich rückwärts über den Schweif des Kometen bewegte,“ auch dieses ward auf Mount Hamilton nicht gesehen und kann schwerlich ein Begleiter des Kometen gewesen sein, sondern ist höchst wahrscheinlich der Nebel No. 38 des neuen Generalkatalogs

Der nächste Begleiter B ist nur auf der Lick-Sternwarte und in Wien gemessen worden, doch hat man ihn auch zu Pulkowa gesehen. Der Begleiter C ist dagegen zu Pulkowa, Nizza, Wien, Marseille, Strassburg und Algier gesehen worden. Ausserdem auch in Dresden, Lyon, München, Padua, Palermo und Paris. Herr Barnard hat alle ihm zugänglich gewesenen Beobachtungen der Begleiter, nach Positionswinkel und Distanz, gesammelt und diskutiert Die bei weiten meisten Beobachtungen entfallen darunter auf Mount Hamilton. Die beiden Begleiter D und E sind auf Mount Hamilton nur allein am 36-Zoller gesehen worden, die anderen auch am 12-Zoller Die beiden erst gesehenen Begleiter waren auf Mount Hamilton am 1. August als schwache Nebel mit Kern erkannt worden, am nächsten Tage erwies sich dann ihre wahre Natur. Der Hauptkomet zeigte damals einen kleinen Kern 12. Grösse umgeben von schmaler Nebelhülle 11. Grösse, von dem ein heller Strich in den 15′ langen Schweif verlief. Der Begleiter B stellt sich als Miniatur des Hauptkometen dar, von 13. Grösse und mit kleinem sternartigen Kern und äusserst feinem Schweif gegen A hin. C war grösser als B, etwa 10″ im Durchmesser, hatte einen ganz ausserordentlich feinen Kern und eine Verlängerung gegen B hin. Am 5. September sah man B zum letzten Male am 36-Zoller, dieser Begleiter war damals zu schwach, um seine Position zu messen. C konnte noch bis zum 25. November verfolgt werden, wo er für den grossen Refraktor an der äussersten Grenze der Sichtbarkeit stand. Seine Entfernung vom Hauptkometen betrug damals 250″.

Von Interesse sind die Bemerkungen über die Veränderungen im Aussehen und der Helligkeit der Begleiter. Zuerst war B ziemlich gut entwickelt, klein, ansehnlich hell, mit Kern und Schweif, während C, obgleich grösser, mehr verwaschen erschien. Nach einigen Wochen begann B sich zu vergrössern und verwaschen zu werden, gleichsam als wenn er sich auflösen wollte. In den letzten Tagen des August zeigte jede folgende Nacht eine bemerkenswerte Veränderung, indem der Begleiter rasch diffuser und schwächer wurde, gleichzeitig aber sich ausdehnte und seine centrale Kondensation verlor. Er schien gegen A hin am verwaschensten, gleichsam als wenn er in diesen Hauptkometen hinein absorbiert würde. Während der letzten Tage seiner Existenz waren diese Veränderungen sehr ausgesprochen, und am 5. September erschien an seinem Orte nur eine grosse, ausserordentlich schwache und aufgelöste Nebeligkeit. Es ist, wie Barnard bemerkt, nicht der geringste Zweifel, dass dieser Begleiter thatsächlich verschwunden ist und aufgehört hat, zu existieren, wenn er nicht gar von dem Hauptkometen absorbiert wurde. Bis zu dieser Zeit näherten sich die Kometen der Erde und mussten theoretisch an Helligkeit zunehmen.

Bei der ersten Beobachtung von C war dieser grösser und verwaschener als B und lichtschwächer. Er hatte einen kleinen Kern und Schweif und war sehr schwach im Vergleich zum Hauptkometen, vielleicht fünfmal lichtschwächer als dieser. Dann nahm er an Helligkeit zu, wurde schärfer begrenzt und entwickelte eine centrale Kondensation mit Kern. Am 31. August war er thatsächlich heller als der Hauptkomet und wohl entwickelt mit Kern und Schweif. Nach dieser Zeit schien der Hauptkomet für einige Tage etwas an Helligkeit abzunehmen, später waren A und C bisweilen gleich hell. Von Mitte September an nahm C allmählich ab, und am 27. September war A bereits beträchtlich heller als jener; dann schwand C zusehends, wurde verwaschener und gleichzeitig grösser, und am 1. Oktober bestand zwischen A und C bereits ein beträchtlicher Helligkeitsunterschied. Im ganzen schien C denselben Verwandlungsprozess zu durchlaufen wie B. Vom 25. November an verschwand er völlig am 36-Zoller, während A. am 12-Zoller bis zum 20. März 1890 beobachtet werden konnte. Der Begleiter C, obgleich er zur Zeit die Helligkeit von A übertraf, war indessen höchstens nur ein Drittel so gross als dieser Hauptkomet. Ich glaube, fügt Herr Barnard hinzu, dass kein Zweifel darüber sein kann, dass B und C als selbständige Körper aufgehört haben, zu existieren. Am 26. August zeigte B eine plötzliche Änderung im Positionswinkel, und es scheint, dass diese in inniger Beziehung zu der schnellen Auflösung dieses Begleiters in den nächsten Tagen steht.

Über die Bahn dieses Kometen und seines hellsten Begleiters sind verschiedene Untersuchungen angestellt worden. Die nach-

Digitized by Google

folgende Zusammenstellung der wichtigsten bezüglichen Resultate ist der Arbeit von Dr. Kreutz entnommen.[1])

„Wie bereits erwähnt, beschreibt der Kern des Hauptkometen eine Ellipse mit kurzer Umlaufszeit. Die auf einer Zwischenzeit von 108 Tagen beruhenden neuesten Elemente von O. Knopf lauten:

T = 1889 Sept. 29.7436 mittl. Zeit Berlin
π = 1° 17′ 26.1″ }
Ω = 17 58 29.6 } M. Äq. 1889.0
i = 6 3 59.6 }
φ = 28 4 13.3
μ = 501.8156″
U = 7.071 Jahre

Die neuesten Elemente von Chandler (A. J. 9. 101) stimmen hiermit nahe überein; für die Umlaufszeit geben sie 7.073 Jahre.

Was den Nebenkometen C betrifft, so sind seine Beobachtungen ausreichend zahlreich und über einen genügend grossen Raum verteilt, um eine selbständige Bahnbestimmung zu ermöglichen. Aus Beobachtungen vom 2 August bis 22. September findet Bredichin[2]), dass man an die Elemente des Hauptkometen die folgenden Korrektionen anzubringen hat, um die Elemente des Begleiters C zu erhalten:

dT = − 0.7743 Tage   di = − 0′ 0.7″
dπ = − 17′ 28 0″   dφ = + 0′ 1.6″
dΩ = + 0′ 5.5″   dμ = − 0 08 233″

Bemerkenswert ist, dass die an sich wahrscheinliche Annahme, dass die Teilung des Kometen in der Richtung der Bahnebene vor sich gegangen ist, durch die Elementenberechnung als vollständig bestätigt angesehen werden kann. Lässt man diese Annahme auch für die anderen Begleiter gelten, so genügen schon zwei Beobachtungen derselben, um aus ihnen Elemente abzuleiten. Bredichin hat auf diese Weise für den Begleiter $\mathfrak{B}_3$ (E?) aus den beiden Wiener Beobachtungen am 5. August und 23. Oktober die folgenden an die Elemente von C anzubringenden Korrektionen berechnet:

dT = + 7.3987 Tage   dφ = + 7′ 57.3″
dπ = + 3° 18′ 31.8″   dμ = + 0.000 225″

Von hervorragender Bedeutung ist, dass die Elemente von C und $\mathfrak{B}_3$ (E?), wenn man die Schnittpunkte der Bahnen mit der des Hauptkometen berechnet, nahe denselben Punkt für die Loslösung der Begleiter ergeben, und zwar einen Punkt, der nahe am Aphel des Hauptkometen gelegen ist. Da nun im Mai 1886, wie Chandler zuerst bemerkt hat, eine grosse Jupitersnähe des Kometen stattgefunden hat, so liegt die Vermutung nahe, dass zu dieser Zeit die Teilung vor sich gegangen ist. Dieselbe würde, wie Chandler, ohne von den Untersuchungen Bredichin's Kenntnis zu haben, schon andeutet, durch die ungleichen Anziehungen des Planeten auf die verschiedenen Teile des Kometen, wenn man nur das Volumen des letzteren genügend gross annimmt, sich ungezwungen erklären lassen.

Die Bahn, welche der Komet vor dieser grossen Jupitersnähe beschrieben hat, hat nach Chandler die folgenden Elemente:

T = 1886 Nov 28.816 mittl. Zeit Berlin
π = 203° 3.7′ }
Ω = 179 13.4 } M. Äq. 1890.0
i = 7 43.8 }
q = 5.4411
e = 0.3947
U = 26.95 Jahre

[1]) Vierteljahrsschrift d. astronom. Gesellschaft, 25. Jahrg., p. 78.
[2]) Astronom. Nachr. Bd. 123. 321.

Digitized by Google

Die Umgestaltung der Bahn durch Jupiter ist also eine nahezu vollständige gewesen."

Komet VI 1889, von Swift in Rochester am 16. November als kleiner, schweifloser Nebel entdeckt. Der Komet blieb auch während seiner ganzen Sichtbarkeitsdauer schwach. Die Bahn ist wahrscheinlich elliptisch, und folgende sind die von Zelbr berechneten Elemente derselben:

T = 1889 Novbr. 29. 6641 mittl. Zeit v. Berlin
$\pi = 40^0\ 55'\ 52.8''$ $\Omega = 331^0\ 26'\ 40.1''$
$i = 10^0\ 3'\ 21.1''$ $\varphi = 39^0\ 8'\ 23.1''$
$\mu = 513''.\ 2525$ U = 6.91 Jahre.

Am 12. Dezember 1889 wurde von Borrelly in Marseille ein schwacher Komet aufgefunden, der sein Perihel im Jahre 1890 erreichte und demzufolge als

Komet I 1890 zu bezeichnen ist. Berberich hat folgende Elemente desselben berechnet:

T = 1890 Januar 26. 5143 mittl. Zeit v. Berlin
$\pi = 208^0\ 19'\ 20''$ $\Omega = 8^0\ 17'\ 49''$
$i = 56^0\ 43'\ 26''$ $\log. q = 9.43\ 017.$

Komet II 1890 von Brooks am 19. März in Geneva entdeckt. Komet III 1890 von Coggia am 18. Juli in Marseille entdeckt. Ausser diesen Kometen wurde am 23. Juli von Denning zu Bristol, sowie am 15. November von Zona in Palermo, endlich am 16. November von Spitaler zu Wien je ein Komet entdeckt. Die Reihenfolge dieser Gestirne steht indessen noch nicht fest, da in diesem Augenblicke (Ende November) von allen drei Bahnbestimmungen nicht vorliegen. Schliesslich ist nooh zu bemerken, dass der d'Arrest'sche Komet bei seiner Rückkehr 1890 am 6. Oktober von Barnard auf Mont Hamilton aufgefunden wurde.

Der Winnecke'sche Komet in den Jahren 1858—1868. Unter den Kometen von kurzer Umlaufszeit bietet der im Jahre 1858 von Winnecke entdeckte und nach ihm benannte ein ganz besonderes Interesse. Denn nicht nur ist es möglich gewesen, sein Erscheinen bis zum Jahre 1819, vielleicht sogar bis 1809 und selbst 1766 zurück zu verfolgen, sondern in den Berechnungen von Oppolzer stellte sich auch heraus, dass bei diesem Kometen, wie beim Enke'schen, eine Verkürzung der Umlaufszeit stattfinde, oder aber, dass man die Masse des Jupiter erheblich geringer annehmen müsse, als die sämtlichen bisherigen Untersuchungen ergeben hatten. Die Arbeiten von Oppolzer über diesen Kometen waren mit der diesem Astronomen und Rechner eigentümlichen Gründlichkeit durchgeführt worden, doch trugen sie nicht den Charakter abschliessender Untersuchung. Eine solche hat nun neuerdings Freiherr E. v. Haerdtl begonnen und in den Denk-

Digitized by Google

schriften der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien[1]) veröffentlicht.

Um etwaige Anomalien in der Bewegung dieses Kometen zu erkennen, mussten vorher die Störungen, welche die Planeten auf dieselbe ausüben, genau ermittelt werden. Diese Arbeit, von ausserordentlichem Umfange, hat E. v. Haerdtl zunächst durchgeführt. Es wurden dabei nur die durch Neptun und Merkur ausgeübten Störungen als belanglos vernachlässigt, dafür aber die Jupitermasse aus der Bewegung des Kometen selbständig bestimmt. Als Resultat ergab sich, dass der Komet in den Jahren 1858 bis 1868 keinerlei Andeutung einer Beschleunigung der mittleren täglichen Bewegung, also einer Verkürzung der Umlaufszeit zeigt, und dass sich die Jupitermasse zu $\frac{1}{1047.1752}$ der Sonnenmasse ergiebt. Die sehr genauen Beobachtungen Bessel's und Schur's haben im Mittel einen Wert von $\frac{1}{1047.568}$ für die Masse Jupiters ergeben. Die Abweichung beider Werte von einander ist nun zu beträchtlich, um sie ohne weiteres der Unsicherheit der Beobachtungen zuzuschreiben. Um hierein Licht zu bringen, hat E. v. Haerdtl mit dem von ihm gefundenen Wert der Jupitermasse die Bewegung des Faye'schen Kometen berechnet. Es fand sich aber, dass damit den Beobachtungen dieses Kometen nicht genügt werden kann. Ebensowenig gelingt dies, wenn man den aus Bessel's und Schur's Beobachtungen resultierenden Wert der Jupitermasse benutzt. Vielmehr verlangt der Faye'sche Komet, wie Möller früher gefunden, einen Wert der Jupitermasse von $\frac{1}{1047.88}$. Im zweiten Teile seiner Untersuchungen beschäftigt sich E. v. Haerdtl zunächst mit der Diskussion der für die Störungsrechnungen benutzten Planetenmassen. Er findet, dass diejenigen für Jupiter, Saturn und Uranus beizubehalten sind, dagegen erfordern die Masse der Venus, der Erde und des Mars einige Änderungen. Auch die Einwirkung des Merkur auf die Bewegung des Kometen stellt sich als nicht unwesentlich heraus. Er nahm als Masse des Merkur den Mittelwert von $\frac{1}{5.205.000}$, was nahe mit Le Verrier's früherer Annahme für diese Masse übereinstimmt. Die Jupitermasse findet sich schliesslich nahezu identisch mit dem früher erhaltenen Werte, und E. v. Haerdtl kommt zu dem Ergebnisse, dass als sicherster Wert für dieselbe $\frac{1}{1047.1758 \pm 0.0210}$ zu betrachten ist. Dieser Wert ist das definitive Ergebnis der Bearbeitung des Winnecke'schen Kometen.

Der Komet Wells 1882 I. In der Geschichte der Kometenbeobachtung nimmt der erste Komet des Jahres 1882, der nach

---

[1]) Denkschr. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. **55.** 1888 und **56.** 1889.

Digitized by Google

seinem Entdecker als Komet Wells bezeichnet wird, eine sehr hervorragende Stelle ein. Eine abschliessende Untersuchung dieses Kometen bezüglich seiner Bahnverhältnisse und eine zusammenfassende Darstellung der Beobachtungen über die physische Beschaffenheit dieses Gestirns ist bis dahin noch nicht veröffentlicht worden. Jüngst publizierte jedoch Herr E. v. Rebeur-Paschwitz im 3. Heft der „Veröffentlichungen der Grossherzoglichen Sternwarte zu Karlsruhe“ eine sehr eingehende Arbeit dieser Art, so dass es angezeigt erscheint, an diesem Orte näher auf dieselbe einzugehen.

Der Verfasser geht wie gewöhnlich bei derartigen Untersuchungen von einem genähert richtigen System von Bahnelementen des Kometen aus und berechnet mit diesem eine Ephemeride für die Dauer der Beobachtungen des Kometen. Hierauf leitet er möglichst genaue Orte der bei den Beobachtungen vorkommenden Vergleichssterne ab und vergleicht alle bekannt gewordenen Ortsbestimmungen des Kometen mit den Orten, die aus der Ephemeride folgen. Hiermit sind die Grundlagen zu einer Kritik der Güte der einzelnen Beobachtungen gewonnen, und Dr. Rebeur-Paschwitz schreitet dann zur Zusammenstellung derjenigen Beobachtungen, die zur Ableitung der Normalorte des Kometen als Fundament der definitiven Bahnberechnung desselben benutzt werden. Diese Beobachtungen umfassen den Zeitraum vom 19. März bis 16 August 1882. Die Störungen des Kometen, die übrigens nicht erheblich sind, wurden für alle Planeten, mit Ausnahme des Uranus und Neptun, berechnet. Als Endergebnis aus sämtlichen Beobachtungen finden sich folgende Bahnelemente, denen zugleich die wahrscheinlichen Fehler (±) beigefügt sind. Diese Bahnelemente sind oskulierend für den Augenblick des Periheldurchgangs, d. h. sie bestimmen diejenige Bahn, in welcher sich der Komet von dem genannten Augenblicke an weiter bewegt haben würde, wenn von da ab alle Störungen fortgefallen wären.

Zeit des Perihels: 1882 Juni . .	10.566.839 ± 0.000.036^d
Logarithmus der Periheldistanz .	8.783.6376 ± 0.000.0158
Exzentrizität	0.999.994.54 ± 0.000.000.83
Länge des aufsteigenden Knotens	208° 59′ 37.22″
Länge des Perihels	53° 56′ 4.53″
Neigung der Bahn	73° 48′ 39.32″

Mit dieser Bahn stimmen die Beobachtungen sehr gut überein, indem die Abweichungen nur gering sind. Indessen fand es Dr. Rebeur-Paschwitz nicht überflüssig, die Bahnelemente auch aus den Beobachtungen v o r dem Perihel a l l e i n und ebenso aus denjenigen n a c h dem Perihel a l l e i n abzuleiten, um zu untersuchen, ob der Komet bei seiner bedeutenden Annäherung an die Sonne etwa in seiner Bewegung merkbar gehemmt worden sei. Indessen hat sich in dieser Beziehung kein sicheres Resultat

Digitized by Google

herausgestellt, und der Verfasser schliesst, dass ein **merkbarer** Widerstand der Bewegung des Kometen nicht vorhanden war. „Der Perihelabstand des Wells'schen Kometen", sagt Dr. Rebeur-Paschwitz, „beträgt nur etwa $^1/_6$ von dem des Enke'schen Kometen, die Beobachtungen desselben besitzen fast durchgehends eine grosse Genauigkeit, es lässt sich endlich durch eine einfache Rechnung nachweisen, dass eine Störung durch Widerstand, welche nach dem von Enke aufgestellten Gesetz vor sich geht, sich bei unserem Kometen im wesentlichen in der Zeit von drei Tagen vor und nach dem Perihel hätte vollziehen müssen. Es würden somit alle Beobachtungen vor dem Perihel den ungestörten, alle Beobachtungen nach dem Perihel den gestörten Elementen entsprechen, und es kann nicht zweifelhaft sein, dass, wenn die Abweichungen beider Systeme irgend merkliche wären, dieselben sich hier mit grösserer Sicherheit, als in den bekannten Fällen von noch kleineren Periheldistanzen ermitteln lassen müssten. Es verdient freilich hervorgehoben zu werden, dass man auf Grund der spektroskopischen Beobachtungen und des teleskopischen Anblicks des Kometen demselben einen relativ dichten Kern zuschreiben muss. Derselbe erschien meist scharf begrenzt und einem Planetenscheibchen ähnlich, so dass, die Gültigkeit der Enke'schen Hypothese vorausgesetzt, die sogenannte Widerstandskonstante in diesem Falle wahrscheinlich einen kleineren Wert erhalten würde, als die für den Enke'schen Kometen ermittelte. Andererseits ist es von Wichtigkeit, dass infolge desselben Umstandes bei der grossen Zahl der vorhandenen Beobachtungen der Einfluss systematischer Beobachtungsfehler ziemlich vollkommen eliminiert sein dürfte. Mit Rücksicht auf alle diese Umstände möchte ich das negative Resultat, welches meine Untersuchung der Bewegung des Kometen 1882 I in Beziehung auf das Vorhandensein einer merklichen Störung besonderer Art ergeben hat, als ein weiteres Argument dafür betrachten, dass die Enke'sche Hypothese vom widerstehenden Mittel, wenigstens in der von ihm aufgestellten Form, der Wirklichkeit nicht wohl entsprechen kann. Dessen ungeachtet bleibt es nach wie vor rätselhaft, wie die mit so ungeheueren Geschwindigkeiten begabten kometarischen Massen die mit sichtbaren Stoffen erfüllten Räume in der Umgebung der Sonne durchschneiden konnten, ohne eine merkliche Hemmung ihrer Bewegung zu erfahren. Neuerdings hat Kreutz in seinen Untersuchungen über den grossen Septemberkometen 1882 II den endgiltigen Beweis erbracht, dass auch dieser Himmelskörper trotz der gewaltigen Veränderungen, welche er in der Sonnennähe erlitten hat, durch keinen Widerstand in seiner Bewegung gehemmt worden ist. Thatsachen, wie diese, gestatten wohl den Rückschluss, dass die Sonnenatmosphäre schon an der Grenze der Region der Protuberanzen eine äusserst geringe Dichtigkeit besitzen muss. Die Geschwindigkeit des Kometen

1882 I betrug im Perihel 170.746 *km* in der Sekunde. Einer Verminderung derselben um 11 *m* würde eine Veränderung der Exzentrizität von 0.000.5000 und der Periheldistanz von 0.000.0076 entsprechen, unter Voraussetzung der Gültigkeit der Enke'schen Formel, die Widerstandskonstante würde den Wert $\frac{1}{100}$ erhalten."

Da der Komet in seinem aufsteigenden Knoten der Erdbahn ziemlich nahe gekommen ist, so hat Dr. Rebeur-Paschwitz auch eine Untersuchung über den kürzesten Abstand beider Bahnen angestellt.

„Die kleinste Entfernung beider Bahnen ist hiernach etwas grösser als das Dreifache der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde. Der Komet befand sich an dem betreffenden Punkte seiner Bahn am 10. Juli um Mitternacht, während die Erde die entsprechende Stellung schon am 14. April passiert hatte Es ist leicht, sich hiernach ein Bild von den eigentümlichen Sichtbarkeitsverhältnissen zu machen, welche dieser Komet geboten haben würde, wenn sein Periheldurchgang etwa auf den 15. März gefallen wäre. Da nämlich der aufsteigende Knoten der Kometenbahn innerhalb der Erdbahn liegt, und die Richtung der Bahnbewegung des Kometen an dieser Stelle einen nur kleinen Winkel mit der Knotenlinie bildet, so hätte der Komet um den 14. April plötzlich aus den Sonnenstrahlen hervortreten und infolge seines geringen Abstandes von der Erde den ganzen Nordhimmel mit ausserordentlicher Winkelgeschwindigkeit durcheilen müssen."

Wie wichtig auch immerhin die möglichst genaue Bahnbestimmung eines Kometen sein mag, so hat gegenwärtig die Untersuchung der physischen Beschaffenheit desselben ebenso viel wissenschaftliche Bedeutung, und auch in dieser Hinsicht ist der Komet Wells eines der interessantesten Gestirne. Herr Dr. Rebeur-Paschwitz hat alle bezüglichen Beobachtungen in lichtvoller Weise zusammengestellt, und geben wir hier das Wichtigste daraus wieder.

Der Komet war bei seiner Entdeckung am 17. März mit einem kleinen, schmalen Schweif versehen, sowie mit einem schwachen, aber deutlich sichtbaren Kern. Seiner äusseren Erscheinung nach war der Komet Wells aber später nicht in die Klasse der grossen Kometen zu rechnen, indessen nimmt er eine hervorragende Stellung ein, da die überraschenden Ergebnisse, welche die spektroskopischen Beobachtungen desselben zum ersten Male seit der Anwendung des Spektroskops auf diesem Gebiete geliefert haben, besonders geeignet sind, Aufklärung über die physische Konstitution der Kometen und die bei der Annäherung an die Sonne eintretenden Veränderungen zu geben. Das Spektrum des Kometen wurde zuerst von Vogel in Potsdam und Tacchini in Rom am 7. April beobachtet. Beide fanden übereinstimmend ein deutliches kontinuierliches Spektrum von geringer Intensität

Digitized by Google

und Breite, welches von drei hellen Banden unterbrochen war. Im Spektrum des Schweifes war von diesen Banden keine Spur zu sehen, sondern dasselbe erschien in geringer Ausdehnung kontinuierlich. Diesen Charakter, durch den das Spektrum sich von dem bisher bekannten Bandenspektrum so wesentlich unterschied, dass, wie Copeland bemerkt, man nach dem Aussehen desselben kaum auf die wahre Natur des beobachteten Objekts hatte schliessen können, behielt das Spektrum auch fernerhin bei. In Greenwich gelang es im Monat April überhaupt nicht, die hellen Banden zu sehen, dagegen machte v. Konkoly in O'Gyalla am 25. eine Messung, welche die Wellenlänge der hellsten Bande, übereinstimmend mit einer späteren Messung, = 5163, d. h. nahezu identisch mit der Wellenlänge der mittelsten Kohlenwasserstoffbande, ergab. Mitte Mai hatte die Intensität des kontinuierlichen Spektrums und die Ausdehnung desselben so zugenommen, dass es nach einer Beobachtung von Vogel vom 22. Mai von dem eines Fixsterns nicht mehr zu unterscheiden war. Am 27. Mai bemerkte zum ersten Male Copeland in Dunecht eine helle Linie in dem weniger brechbaren Teile des Spektrums, aber sie war noch so schwach, dass es einige Anstrengung erforderte, um sie zu sehen, da sie in Momenten schlechteren Luftzustandes verschwand. Am 28. Mai hatte diese helle Linie an Intensität bereits zugenommen, und ihr Zusammenfallen mit der D-Linie des Natriumspektrums wurde festgestellt. Diese unerwartete und durchaus neue Beobachtung veranlasste Copeland zur Ausgabe eines Zirkulars, in welchem hervorgehoben wurde, dass das Spektrum des Kometen die grösste Beachtung verdiene. Spuren von anderen hellen Linien und Banden wurden schon an jenem Tage gesehen und am 29. gelangen neue Messungen, welche die Identität der hellen Linie mit der D-Linie über alle Zweifel erhoben. Am 31. Mai sah man die helle Linie auch in Potsdam und Greenwich, später in Lund, Moskau und Pulkowa. Da die Beobachtung des sichtbaren Teiles des Spektrums schon gezeigt hatte, dass der Komet sich in Beziehung auf dasselbe wesentlich von allen seit 1864 spektroskopisch beobachteten Kometen unterschied, so beschloss Huggins, das Spektrum zu photographieren, um auch die chemisch wirkenden Strahlen zu untersuchen. Es gelang ihm dies bei einer Expositionszeit von $1\frac{1}{4}$ Stunden. Auf der photographischen Platte, von der sich eine Darstellung in Bd. 94 der Comptes rendus findet, erscheint ein starkes, kontinuierliches Spektrum, dass sich von der Linie F bis G erstreckt, und in welchem Fraunhofer'sche Linien nicht sichtbar sind. Daraus folgt, dass das Eigenlicht des Kometen viel stärker als das reflektierte war. Fünf helle Banden sind ferner auf der Platte sichtbar, die sich über den Rand des kontinuierlichen Spektrums nach der Sonne hin erstrecken, woraus zu schliessen ist, dass auch diejenigen Teile der Coma, welche ein merkliches kontinuier-

Digitized by Google

liches Spektrum nicht zeigen, Strahlen von der Wellenlänge jener Banden aussenden. Für die hellsten Teile der letzteren fand Huggins die Wellenlängen 4253, 4412, 4507, 4634, 4769. Die Linien des Natriums erschienen hell im sichtbaren Teile des Spektrums und Huggins sagt: „Il est possible, que la vapeur de ce corps puisse contribuer a produire quelquesunes de ces bandes brillantes dans la région la plus refrangible". Bei zunehmender Annäherung des Kometen an die Sonne nahm nun die Intensität der hellen Linie so bedeutend zu, dass es mehreren Beobachtern gelang, dieselbe deutlich zu trennen. Vogel schreibt A. N. 2437: „Am 6. Juni war die Intensität der gelben Linie im Kometenspektrum so gross, dass es gelang, mit einem stark zerstreuenden Spektralapparat dieselbe deutlich als doppelt und mit den künstlich erzeugten Natriumlinien übereinstimmend zu erkennen. Die beiden Natriumlinien des Kometenspektrums waren von sehr ungleicher Intensität, die brechbarste Linie erschien stark verbreitert, etwa fünfmal so breit, an den Rändern verwaschen und sehr viel heller, als die weniger brechbare. Hieraus lässt sich folgern, dass die Dampfdichte des glühenden Gases eine sehr grosse gewesen ist. Vogel machte bei dieser Gelegenheit auch die Beobachtung, dass die Mitte der stark verbreiterten Linie im Kometenspektrum nicht ganz mit der künstlichen Linie D_2 zusammen fiele, vielmehr etwas nach Rot verschoben wäre. In der That bewegte sich zur Zeit der Beobachtung der Komet mit einer Geschwindigkeit von 3.7 Meilen im Visionsradius von der Erde fort, die einer Verschiebung von $^1/_{12}$ der Entfernung der D-Linien entsprechen würde, einer Grösse, die bei der angewandten Zerstreuung sehr gut wahrnehmbar war. Bei diesen Beobachtungen waren die Natriumlinien nicht nur im Spektrum des Kerns, sondern bis weit in den Schweif hinein sichtbar. „Das von den glühenden Natriumdämpfen ausgehende Licht überragte an Intensität das sonstige eigene und reflektierte Licht des Kometen so stark, dass derselbe ohne Spektroskop gelblich erschien, und als ich am 6. Juni den Spalt des Spektroskops weit öffnete, erschien wie bei den Beobachtungen von Protuberanzen die volle Form des Kometen im gelblichen Lichte von der Wellenlänge D." Vollkommen hiermit übereinstimmend ist der Bericht von Bredichin (A. N. 2437). Derselbe vermutete bei einer Beobachtung am 6. Juni noch eine helle Linie im Rot, welche nach einer Mitteilung von Hasselberg (A. N. 2441) auch in Pulkowa am 5. Juni von ihm selbst und am 7. Juni von Struve und Tisserand gesehen wurde, jedoch zu schwach war, um eine Messung zu gestatten. Herr Hasselberg schreibt a. a. O.: „Die auf der dunklen D-Linie projizierte helle Kometenlinie war eine Erscheinung genau von derselben Art, wie die bei der radial gestellten Spalte eintretende teilweise Umkehrung der Fraunhofer'schen Linien C und F durch die Protuberanzen der Sonne, und dem

Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

Der Mond nahe dem letzten Viertel.

Photographirt am 27. August 1888 am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte.

Digitized by Google

Digitized by Google

entsprechend gelang es auch vollständig, durch passende Verbreiterung des Spaltes sämtliche Details im Kopfe und einen nicht unbeträchtlichen Teil des Schweifes des Kometen in gelbem, monochromatischem Lichte zu sehen. Die Gestalt des Gestirns war dabei in der That so deutlich zu erkennen, dass es nicht unwahrscheinlich sein dürfte, dass diese Beobachtungsmethode in solchen Fällen gute Dienste wird leisten können, in denen wegen mangelnder Helligkeitskontraste mit dem Himmelsgrunde die direkte teleskopische Beobachtung wenig Erfolg verspricht." Das Charakteristische der Erscheinungen, welche das Spektrum des Kometen darbot, bestand darin, dass anfangs neben dem hellen kontinuierlichen Spektrum die gewöhnlichen Kohlenwasserstoffbanden sichtbar waren, welche indessen bei der Annäherung an die Sonne immer mehr verblassten und mit dem Auftreten der hellen Natriumlinien völlig verschwanden. Herr Hasselberg hat eine Reihe von Laboratoriumsversuchen angestellt, welche, da die bei denselben beobachteten Erscheinungen einen nahezu vollständigen Parallelismus mit den Erscheinungen des Kometenspektrums aufweisen, hier noch kurz beschrieben werden mögen. „Eine gewöhnliche Spektralröhre wurde mittels einer von der einen cylinderischen Erweiterung ausgehenden Röhre an die Luftpumpe angekittet, nachdem durch eine vom zweiten Cylinder hervorragende Röhre etwas mit Naphta befeuchtetes Natrium in diesen Cylinder eingeführt und die Röhre luftdicht verschlossen war. Die diesem Cylinder entsprechende Elektrode war von der Seite eingeschmolzen, um die Erhitzung des Metalls durch eine untergestellte Spirituslampe zu ermöglichen. Die Luft wurde darauf bis auf 4 oder 5 *mm* Druck ausgepumpt und das beim Durchgang des elektrischen Stromes entstehende Licht in einem aus zwei vorzüglichen Schwefelkohlenstoffprismen bestehenden Spektralapparat analysiert. Je nach der Beschaffenheit des durch die Röhre geleiteten Stromes ergab sich nun, dass, während ursprünglich nur die Banden der Kohlenverbindungen sichtbar waren, dieselben mit der allmählich eintretenden Erhitzung des Natriums entweder ganz oder nahezu erloschen, um nach Abstellen der Flammen und dem damit verbundenen Erblassen der Natriumlinien wiederzukehren. Hieraus folgt, dass in Mischungen von Kohlenwasserstoffgas und Natriumdämpfen nur die letzteren die Leitung des Stromes vermitteln, während das Gas aufhört, der Träger der elektrischen Entladung zu sein. Da die an dem Kometenspektrum beobachteten Erscheinungen mit den eben erwähnten geradezu identisch sind, so liefern sie ein sehr gewichtiges Argument für die Annahme eines elektrischen Ursprungs des Eigenlichtes der Kometen. Die ausgedehntesten Messungen des Kometenspektrums, die veröffentlicht wurden, sind in Dunecht von Copeland und Lohse angestellt und finden sich in der Zeitschrift Copernikus Nr. 24 zugleich mit einigen bildlichen Darstellungen des Spektrums,

welche die vorstehend erwähnten Eigentümlichkeiten desselben veranschaulichen. Am 6. Juni wurde die Breite der Linie D_2 etwa doppelt so gross geschätzt, als die von D_1. Diese Beobachtung fand zu einer Zeit statt, als die Dämmerung schon so weit vorgeschritten war, dass man bequem lesen konnte. Die Sichtbarkeit der D-Linie erstreckte sich bis auf 6′ — 7′ vom Kern in der Richtung des Schweifes. Bei Sonnenaufgang erschien die brechbarere der beiden D-Linien doppelt so lang, als die andere."

Aus den spektroskopischen Beobachtungen von Copeland, Lohse, Maunder, Dunèr und Bredichin folgt im Mittel als Wellenlänge der D-Linie im Juni $\lambda = 5893$, während die Wellenlängen der beiden Natriumlinien im Sonnenspektrum 5895 und 5889 sind. Die Übereinstimmung ist daher eine vollkommene. Nach dem 7. Juni ist der Komet spektroskopisch nicht beobachtet worden, es konnte daher das Erblassen der Natriumlinie nicht wie das Aufleuchten derselben konstatiert werden. Der grosse Komet, welcher im September 1882 dem Kometen Wells folgte und spektroskopisch von seinem Perihel an beobachtet wurde, zeigte indessen so ähnliche Erscheinungen, dass die Anschauungen, welche man sich auf Grund der Beobachtungen jenes ersten bemerkenswerten Kometen über die physikalischen Ursachen der Lichtentwickelung auf diesen Himmelskörpern gebildet hatte, den thatsächlich stattfindenden Verhältnissen sehr nahe entsprechen dürften. Aus diesem Grunde wird die Erscheinung des Kometen 1882 I einen Markstein in der Geschichte der Kometenastronomie bilden.

Bahnenverwandtschaft von Kometen. Herr A. Berberich[1]) macht gelegentlich seiner Berechnung der Bahn des Kometen 1889 IV auf eine gewisse Ähnlichkeit derselben mit den Bahnen mehrerer früher erschienener Kometen aufmerksam. Es sind die folgenden:

Komet	Perihelzeit		Perihel vom Knoten		Aufsteigender Knoten		Neigung		Periheldistanz	Exzentrizität
			°	′	°	′	°	′		
1889 IV	Juli	19.3	345	52	286	10	65	59	1.0396	0.9965
1881 III	Juni	16.5	354	15	271	5	63	26	0.7345	0.9964
1888 I	März	17.0	359	55	245	24	42	15	0.6987	0.9961
1807	Septbr.	18.8	4	8	267	56	63	10	0.6461	0.9955
1880 V	Novbr.	9.4	11	37	249	30	60	42	0.6588	1.0
1885 V	Novbr.	25.5	35	34	262	15	42	27	1.0790	1.0
1884	Juni	8.4	330	35	271	8	65	49	0.9600	1.0

Bei den erstgenannten vier Kometen sind elliptische Bahnen berechnet mit Umlaufszeit von folgeweise 5100, 3000, 2300 und 1700 Jahren. Bei einigen dieser Kometen (nämlich 1807, 1880 V und 1881 III) war die Ähnlichkeit der Bahnen bereits früher aufgefallen, allein auch die übrigen Bahnen zeigen, wie Herr Berberich betont, im wesentlichen denselben Charakter, der sich

[1]) Astr. Nachr. 1890. Nr. 296.

Digitized by Google

bis auf die Exzentrizität erstreckt. Bei den Kometen 1880 V, 1885 V, sind nur parabolische Bahnen berechnet, weil beide Kometen nur kurze Zeit in einem für die Bestimmung der Exzentrizität ungünstigen Teile ihrer Bahnen sichtbar waren. Berberich bemerkt ferner: „Gerade in ihrem physischen Verhalten zeigten diese Kometen manche Übereinstimmung, und es könnte auch hierin ein Grund für die Annahme eines gemeinsamen Ursprungs derselben gefunden werden. Doch lässt sich diese Annahme kaum weiter verfolgen, sie muss einstweilen Hypothese bleiben. Indessen möchte ich eine Folgerung, die man aus ihr ziehen kann, nicht unterdrücken. Wie man sieht, sind von den angeführten sieben Kometen fünf in den letzten zehn Jahren erschienen, also in relativ grosser Häufigkeit aufgetreten. Drei derselben sind auf der südlichen Halbkugel mit freiem Auge aufgefunden, die zwei anderen (1880 V und 1885 V) auf der nördlichen Halbkugel nach dem Perihel entdeckt worden. Vielleicht wären diese beiden Kometen ebenfalls schon zu beobachten gewesen, wenn auf der südlichen Halbkugel in gleicher Weise wie auf der nördlichen nach Kometen systematisch gesucht würde, und möglich wäre es ferner, dass noch weitere Kometen mit ähnlichen Elementen erschienen, deren zeitige Auffindung gewiss von grossem Werte sein würde. Der Ausgangspunkt aller dieser Bahnen liegt nicht ferne vom Südpol; die Überwachung einer entsprechenden Zone wäre sehr zu wünschen. Es kann sehr wohl der Fall eintreten, dass ein Komet in einer ähnlichen Bahn zur Zeit seiner grössten Helligkeit für uns nicht sichtbar ist infolge zu geringen Abstandes von der Sonne"

Der Ursprung der periodischen Kometen ist Gegenstand eingehender Studien von Bredichin gewesen[1]), wobei letzterer hauptsächlich die gelegentlichen Teilungen von Kometen ins Auge fasst. Innerhalb eines Zeitraums von 36 Jahren sind dreimal solche Teilungen beobachtet worden (Komet Biela, Komet Liais 1860 und Komet 1882 II). Man darf daraus schliessen, dass die Erscheinung ziemlich häufig ist, obgleich es innerhalb der Grenzen unserer Kenntnis der Kometbahnen schwierig sein wird, den Mutterkometen unter den bekannten periodischen Kometen herauszufinden Indessen leitet das Kometensystem 1845 I, 1880 I, 1882 II zu der Vermutung, dass dessen Komponenten von einem gemeinsamen Urkometen herrühren könnten. Diesen Gedanken hat Professor Bredichin weiter verfolgt. Der Komet 1882 II hat eine Umlaufszeit von 772 Jahren; nimmt man nun an, dass diese drei Kometen gleichzeitig entstanden sind, so folgt für die beiden anderen Kometen eine Umlaufszeit von 732.5, resp. 769.4 Jahren. Der erzeugende parabolische Komet hat also sein Perihel ungefähr im Jahre 1110 passieren müssen.

---

[1]) Bull. de la Soc Imp. des Naturalistes de Moscou 1889. Nr. 2.

Digitized by Google

Unter der Annahme, dass die Ausstossung dieser Kometen stattgefunden hat, als die wahre Anomalie des ursprünglichen Kometen 90° nach dem Perihel war, folgt für die Geschwindigkeit des Stosses, mit welchem dieselben abgeschleudert wurden, der geringe Wert von 21 *m* pro Sekunde. Unter der Annahme von 60° statt 90° würde dieser Wert auf 44 *m* steigen.

Als weitere Fälle, bei denen die Möglichkeit einer Erzeugung aus einem Urkometen vorliegt, nennt Bredichin die Kometen von 1827 II und 1852 II, 1862 III und 1870 I, ferner ist es denkbar, dass der Komet von 1799 I entstanden ist aus dem grossen Kometen von 1337.

Es hat bisher bekanntlich die Annahme vorgewaltet, dass die periodischen Kometen durch die Annäherung nahe parabolischer Kometen an die grossen Planeten, speziell an Jupiter, in ihre eng geschlossenen Bahnen gezwungen worden sind, und es ist auch gar keine Frage, dass dies in einigen Fällen wirklich stattgefunden hat. Für eine Reihe periodischer Kometen führt indessen Bredichin an, dass dieselben unmöglich allein durch die Anziehung des Jupiter in ihre Bahnen gelenkt worden sind.

Während die bisherigen Resultate auf der Annahme beruhen, dass der ursprüngliche Stoss von Seiten des erzeugenden Kometen in der Bahnebene vor sich gegangen ist, entwickelt Bredichin nunmehr die Formeln für den Fall, dass der Stoss einen gewissen Winkel mit der Bahnebene bildet. Es ist klar, dass es unter dieser Annahme leichter gelingt, für periodische Kometen einen passenden Kometen aufzufinden, von dem der erstere erzeugt worden ist. Es gelingt so, den Brorsen'schen Kometen von 1879 I mit $5^1/_2$ Jahren Umlaufszeit auf den grossen Kometen des Jahres 1532 zurückzuführen.

Da die Ausstossung der Kometenmaterie immer intensiver wird, je näher der Komet der Sonne kommt, so sind kräftige Ausstossungen oder gar Teilungen nur bei solchen Kometen zu erwarten, die überhaupt eine geringe Periheldistanz besitzen. Nur bleibt die Periheldistanz in der Bahn des sekundären Kometen nahe dieselbe, wie in der des primären; die Statistik der bisherigen Kometenerscheinungen zeigt aber, dass die mittlere Periheldistanz bei den periodischen Kometen eine beträchtlich grössere ist, als bei den grossen parabolischen. Bredichin schliesst selbst hieraus, dass die Annahme der Ausstossung von Kometenmaterie in den meisten Fällen nicht allein zur Erklärung der periodischen Kometen ausreicht, sondern dass die störende Wirkung der grossen Planeten hierbei gleichzeitig eine wichtige Rolle spielt [1]).

Trotz der vielen Aufschlüsse, welche uns besonders die Spektralanalyse über die Kometen verschafft hat, ist unsere

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1889. Nr. 34.

[2]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1889. Nr. 48.

Digitized by Google

Kenntnis der physischen Beschaffenheit dieser merkwürdigen Klasse von Gestirnen noch immer sehr mangelhaft. Dr. Markuse[2]) hat die hauptsächlichsten Gesichtspunkte zusammengestellt und erläutert, welche sich auf die zur Entwickelung der Theorie dieses Problems wünschenswerten Beobachtungen beziehen. Folgendes ist die von ihm gegebene Zusammenstellung und Erläuterung

I. Refraktions- und Absorptionswirkungen der Kometenmaterie. Mit Ausnahme des Kerns, der fest oder flüssig sein kann, befindet sich die Kometenmaterie zum grössten Teil in gasförmigem Zustande und muss daher sowohl Refraktion als Absorption auf Lichtstrahlen ausüben. Über die Refraktion eine wirklich genaue Vorstellung zu gewinnen, ist bisher noch nicht gelungen, und wenn dies auch in erster Linie an der ausserordentlich geringen Dichtigkeit der betreffenden Materie liegt, so fehlen dennoch wirklich einwurfsfreie, umfassendere Beobachtungen hierüber. Es dienen dazu am besten Messungen des Winkelabstandes zweier schwacher Sterne, von denen der eine erst ausserhalb und dann innerhalb des Kometennebels sich befindet. Neuere theoretische Untersuchungen von G. Cellerier in Genf lassen ganz allgemein die Veränderungen berechnen, welche der Ort eines vom Kometen bedeckten Sterns erfährt.

Was die Absorption durch die Kometenmaterie betrifft, so ist hier ein fast unbebautes Feld, denn die wenigen vorliegenden Beobachtungen geben völlig widersprechende Resultate. Am besten vergleicht man hierzu auf photometrischem Wege Sterne, die erst innerhalb und später ausserhalb des Kometennebels stehen, mit einem dem Kometen nahen Stern. Bei der Diskussion solcher Beobachtungsreihen ist unter anderen der Umstand zu beachten, dass ein leuchtender Punkt auf hellem Grunde an und für sich schwächer erscheint als auf dunklem Felde.

II. Bewegungen der Ausströmungsfigur. Der Kern eines Kometen ist die Quelle für das Phänomen der Ausströmungen, welche meist eine fächerförmige Gestalt haben und eigentümlichen Bewegungen unterworfen sind. Im allgemeinen sind drei Bewegungsformen zu unterscheiden: erstens eine pendelartige Oszillation in der Bahnebene um den Radiusvektor des Kometen als Gleichgewichtslage, zweitens eine konische Schwingung um denselben Radiusvektor als Axe, oder drittens eine beliebig zusammengesetzte Bewegung der Ausströmungsfigur. Zur gesonderten Beurteilung dieser Bewegungen müssen die Positionswinkel der Ausströmungsfigur wiederholt gemessen werden, ferner ist die Lichtintensität derselben zu verfolgen, und schliesslich sind Beobachtungen über die Ausdehnung der Lichtfigur anzustellen. Diese drei Daten: Positionswinkel, Intensität und Ausdehnung der Ausströmungsfigur erweisen sich als ausreichend, um über die Form der Bewegung zu entscheiden. Bei der Messung von Positionswinkeln muss man sich genaue Rechenschaft über die Mittellinie geben; bei den Intensitätsbestimmungen dürfte es zweckmässig sein, die Helligkeit des Ausströmungskegels mit der des umgebenden Kometenkopfes zu vergleichen und bei mikrometrischer Messung der Ausdehnung ist es geraten, gleichzeitig Form und Anzahl der Ausströmungen zu beachten.

III Bewegung der Schweifteilchen. Ausser mit den Bewegungen der ausströmenden Lichtfigur hat man es bei den Kometen noch mit der Form der Schweife zu thun, die aus Teilchen mit ganz bestimmter Bahnbewegung bestehen. Zwei Arten von Schweifen sind zu unterscheiden, nämlich die normalen, von der Sonne abgewandten, und die anomalen, der Sonne zugerichteten Kometenschweife Die Beobachtungen müssen so angestellt werden, dass sich daraus die Bahn der Schweifteilchen, ihre Geschwindigkeit, sowie die Grösse der wirkenden Kraft ableiten lassen; ferner muss die Lage der Schweifaxe im Raume sowie die Richtung der-

Digitized by Google

selben in der Bahnebene bestimmt, und schliesslich Aufschluss über die Figur des Kometenkopfes und über die Verteilung der Materie in die Schweifäste erhalten werden.

Zunächst empfiehlt es sich, den gesamten Kometen graphisch aufzuzeichnen[1]), um eine exakte Vorstellung von seiner Form und Ausdehnung zu gewinnen. Geschieht dies auf zweckentsprechendem Koordinatenpapier, so lassen sich alle Fragen, welche auf die Bewegung der Schweifteilchen Bezug haben, bequem lösen. Zur genaueren Bestimmung der Bahn der Teilchen, ihrer Geschwindigkeit sowie der wirkenden Kraft ist es ausserdem notwendig, mikrometrische Messungen der Lage von Punkten der Grenzkurve gegen den Mittelpunkt des Kometenkopfes anzustellen. Hierbei wird man am besten Polarkoordinaten bestimmen und die Axe oder Mittellinie des Kometen zur Anfangsrichtung wählen.

Die Positionswinkel dieser Axe gegen die Richtung Komet-Sonne sind gleichfalls zu messen zur Beurteilung der Lage der Schweifaxe im Raume. Wichtig ist ferner die genaue Beobachtung des Helligkeitsunterschiedes in den verschiedenen Schweifästen, da hieraus interessante Schlüsse über die Ausströmungen selbst sich ziehen lassen. Schliesslich muss bei spektralanalytischer Untersuchung von Kometen noch versucht werden, die einzelnen Schweife gesondert und möglichst weit vom Kopf entfernt spektroskopisch zu beobachten zur Entscheidung der Frage, ob verschiedenen Schweifen auch verschiedene Materie angehört.

Schluss. Werden die obigen Ausführungen kurz zusammengefasst, so ist auf folgende Punkte bei der Untersuchung der physischen Beobachtung eines helleren Kometen besondere Rücksicht zu nehmen:

1. Allgemeine Beschreibung des Kometen in seinen verschiedenen Teilen.
2. Refraktionsmessungen.
3. Absorptionsbestimmungen.
4. Messungen der Positionswinkel der Ausströmungsfigur.
5. Bestimmungen der Intensität der Ausströmungsfigur.
6. Messungen der Ausdehnung derselben.
7. Genaue graphische Aufzeichnung (oder photographische Aufnahme) des gesamten Kometenkörpers.
8. Bestimmung der Polkoordinaten von verschiedenen Punkten der Grenzkurve des Schweifes
9 Messungen der Positionswinkel des Schweifaxe.
10. Beobachtungen über die verschiedene Helligkeit der Schweifäste.
11. Spektralanalytische Untersuchungen am Kometen mit besonderer Berücksichtigung der vom Kern entfernteren Schweifteile."

Sternschnuppen und Meteorite.

Ein Verzeichnis von 918 Radiationspunkten von Sternschnuppen hat F. Denning veröffentlicht[2]). Im ganzen hat dieser unermüdliche Beobachter seit 1866 die scheinbaren Bahnen von 9177 Meteoren in Karten eingetragen und daraus die Radianten bestimmt. Seine Beobachtungen hat er stets im Freien angestellt, nämlich in dem Garten seines Wohnhauses. Er hebt die grossen Schwierigkeiten hervor, welche sich dem Beobachter entgegenstellen, der, überrascht von dem plötzlichen Erscheinen und blitzartig schnellen Verschwinden eines Meteors, dessen Lauf unter den Sternen aufzeichnen soll. In der That

[1]) Wo die instrumentalen Mittel vorhanden sind, ist eine photograpische Aufnahme des Kometen, genügende Helligkeit vorausgesetzt, anzuraten. [2]) Monthly Notices **50.** Nr. 7. 1889. p. 410 u. ff.

Digitized by Google

liegt in diesen Umständen eine grosse Quelle der Ungenauigkeit, und Herr Denning ist deshalb darauf verfallen, den Lauf eines auftauchenden Meteors dadurch genauer zu fixieren, dass er einen Stock auf denselben projizierte und Anfangs- und Endpunkt sogleich auf einen 18zolligen Globus bezeichnete. Die mittlere stündliche Zahl der Meteore innerhalb der genannten Beobachtungszeit war 8.3, das relative Maximum trat zwischen 2 und 3 Uhr früh ein. Die Hauptaufmerksamkeit des Beobachters war auf scharfe Ableitung der Radiationspunkte gerichtet, und er bemerkt, dass letztere oft sehr scharf definiert sind, so dass ausgedehnte Radiationsflächen, wie beim grossen Schwarm der Andromeda 1885, zu den Ausnahmen gehören. Ein bemerkenswertes Resultat der Denning'schen Beobachtungen ist der Nachweis einer verhältnismässig grossen Zahl von Meteorschwärmen aus bestimmten Radianten, welche längere Zeit andauern, als die Theorie anzunehmen gestattet. Einige wenige Radianten bewegen sich rasch unter den Sternen fort, während andere stationär bleiben Die Perseïden, bemerkt Denning, beginnen, das ist sicher, zu fallen am 8. Juli aus einem Radianten in 3° Rectasc. und + 49° Dekl., und sie setzen nicht aus bis zum 22. August, wenn ihr Radiant 78° Rectasc. und + 58° Dekl. passiert hat. Am 10. August, zur Zeit des Maximums liegt der Radiant in 46° + 57°, entsprechend dem des Kometen III 1862. Die Lyriden des April besitzen auch einen Radianten, der seinen Ort am Himmel während der wenigen Tage ihrer Dauer ändert. Die Orioniden des Oktober dagegen zeigen keine Spur einer solchen Wanderung des Radianten, derselbe verharrt während drei Wochen (9.—29. Okt) unvermerkt in 92° + 15°. Die Thatsache der langen Thätigkeitsdauer gewisser stationärer Radiationspunkte hat Herr Denning zuerst im Dezember 1884 veröffentlicht. Seitdem haben ihm mehr als 5000 Beobachtungen dieses Ergebnis bestätigt. In einigen Fällen ist ein und derselbe Radiant sogar mehrere Monate hindurch thätig. Als einen Beweis für die lange Dauer gewisser stationärer Radianten giebt Denning folgende Ergebnisse seiner Beobachtungen des Meteorstromes zwischen α und β Persei:

			R. D.				R. D.
20.	Juli	1877	. 47+45	15.	Sept	1885	48+43
23.—25.	Juii	1884	. 48+43	15.—16. . .	Sept.	1877	47+45
2.—10.	Aug.	1886	. 48+43	22.—30. . .	Sept.	1886	48+44
5.—14.	Aug.	1888	. 48+44	17.—24. . .	Okt.	1887	47+44
3.—16.	Aug.	1877	. 46+45	20.	Okt.	1879	45+46
19.—21.	Aug.	1884	. 46+44	12—14. . .	Nov.	1879	48+43
21.—23	Aug.	1879	. 46+47	27. Nov. — 8.	Dez.	1877—86	48+42
30.	Aug.	1887	. 46+43	28. Dez. — 11.	Jan.	1886—88	47+44
12.—24	Sept.	1887	. 47+43	23. Febr. — 21.	März	1876—87	47+45

Die mittlere Lage ist hiernach 47° + 44°, und die Thätigkeit des Radianten erstreckt sich über die Zeit vom 20. Juli bis 12 März, also über 234 Tage. Denning giebt folgendes Ver-

Digitized by Google

zeichnis langdauernder, stationärer Radiationspunkte von Sternschnuppen.

No.	Scheinbare Dauer der Thätigkeit.	Radiant. R. D. ° °	Nächster Stern.
1	11. Juli — 22. September . . .	6+11	γ Pegasi.
2	11. Juli — 8. Oktober	7+35	π Andromedae.
3	August — November	27+71	φ Custos Messium.
4	27. Juli — 7. Dezember . . .	30+36½	β Trianguli.
5	30. Juli — 7. November . . .	32½+18	α Arietis.
6	Juli — 11. Januar	47+44	β Persei.
7	Juli — November	54+71	H_5 Camelopardi.
8	2. August — 8. Dezember .	61+37	ε Persei.
9	Juli — Dezember	61+49	μ Persei.
10	September — Dezember . . .	64+22	ε Tauri.
11	August — Februar	73+41	α Aurigae.
12	25. August — Dezember . . .	74+14½	11 Orionis.
13	23. Juli — 31. Dezember . . .	77+32	β Tauri.
14	September — November . . .	77+56½	ξ Aurigae
15	September — Dezember . .	98+43	58 Aurigae.
16	September — Dezember . . .	104+11½	β Canis Minoris.
17	15. Oktober — Dezember . . .	116+31	α—β Geminorum.
18	25. September — Januar . . .	120+15	β Cancri.
19	14. Oktober — 31. Dezember .	130+20	δ Cancri.
20	November — Februar	132+31	ι Cancri.
21	17. Oktober — 29. Dezember .	134+ 8	ζ Hydrae.
22	November — Februar	134+68	σ Ursae Majoris.
23	15. Oktober — 11. Januar . .	141+28	κ Leonis.
24	Oktober — April	142+49	θ Ursae Majoris.
25	26. November — 27. Februar .	145+ 7	ο Leonis.
26	September — Dezember . . .	154+40½	μ Ursae Majoris.
27	Nov. — Dez. und März — April	161+58	β Ursae Majoris.
28	14. November — 19. Januar . .	167+ 4	τ Leonis.
29	7. November — 13. April . . .	175+10	β Leonis.
30	Oktober — November und April	190+58	ε Ursae Majoris.
31	November, Dezember und Januar	221+14	ζ Bootis.
32	Januar — Mai	227— 3	β Librae.
33	Januar — Mai	235+10½	α Serpentis.
34	Januar — Mai und September .	253+55½	μ Draconis.
35	Januar — Juni	261+ 4½	β Ophiuchi.
36	Das ganze Jahr	262+63	ζ Draconis.
37	März — September	272+21½	102 Herculis.
38	Februar — August	281—13	λ Aquilae.
39	April — August	296+ 0	η Aquilae.
40	April — September	302+23½	17 Vulpeculae.
41	März — Oktober	313+77	κ Cephei.
42	13. Mai — 13. August	314+15	γ Delphini.
43	März — September	315+49	α Cygni
44	Juli — Sept., Nov. und Januar	334+58	δ Cephei.
45	Juni — Dezember	346+ 0	β Piscium.

Die merkwürdige, von Denning behauptete Thatsache, dass es Sternschnuppenschwärme giebt, welche drei Monate und selbst noch länger aus denselben Radiationspunkten des Himmels ausstrahlen, ist mit den bisherigen Vorstellungen über die Bewegungen der Sternschnuppen nicht vereinbar. Eine mathematische Unter-

Digitized by Google

suchung hierüber hat Tisserand gegeben[1]). Derselbe kommt zu dem Ergebnisse, dass die Meteore, welche ihre Radianten nahe bei β Trianguli haben und nach Denning in der Zeit vom 16. Juli bis 14. November von dort ausstrahlen, durchaus nicht ein und demselben Schwarme angehören können. da die Bewegung bald direkt, bald retrograd sein müsste. Wahrscheinlich haben verschiedene Meteorschwärme ihre Radianten nahe bei β Trianguli. Nach Denning sind nun freilich solche Annahmen wenigstens in einigen Fällen seinen Beobachtungen gemäss nicht zulässig; wir haben also hier einen Widerspruch zwischen Beobachtung und Theorie, der zur Zeit unlösbar erscheint

Der Meteorit von Ochansk. Am 30. August 1887 mittags 12½ Uhr fiel in und um Ochansk an der Kama, im Gouvernement Perm in Russland, nahe beim Dorfe Tabory, ein Meteorit, dessen Gewicht auf 300 *kg* angegeben wird. Derselbe würde also den grossen Knyahinyastein, den grössten bisher aufbewahrten Meteoriten, noch übertreffen Hervorzuheben ist die hohe Temperatur dieses Steines, welcher nicht allein glühend herabgestürzt ist, sondern auch nach seinem Eindringen in den Boden so heiss blieb, dass man erst gegen 8 Uhr abends. also nach fast 4 Stunden, an sein Ausgraben gehen konnte Da nur wenige Beispiele von glühend gefallenen Meteoriten bekannt sind, so verdient darum der Taborystein eine besondere Beachtung

Ganz eigentümlich sind diesem Steine nach den Untersuchungen von Ed. Döll gewisse warzenförmige Hervorragungen auf dem Rücken des Meteoriten. Durch Eindringen von Rindensubstanz unter ihre Basis kam es zu Ablösungen solcher Warzen. Es ist dies eine neue Art der Zerteilung von Meteoriten innerhalb unserer Atmosphäre. Auffallend ist auch die Dicke der Rinde, welche auf dem Rücken zuweilen bis 10 *mm* stark ist. Es ist daher kein Meteorit bekannt, der eine solche mächtige Rinde aufweist Entsprechend dieser Beschaffenheit der Rinde zeigen sich auf und in derselben sehr schön durch entwichene Gase gebildete Öffnungen und Höhlungen. Die Rindensubstanz ist auch auf Spalten in das Innere des Steines gedrungen Sehr lehrreich ist die Einsickerung von geschmolzenem Eisen Bei dem Schmelzen an der Oberfläche ist das in dem Ochansker Meteoriten reichlich in Form von Krystallen, Körnern und Schuppen vorhandene Eisen geschmolzen und hat sich, dichter als die gebildete Rinde, in dieser gesenkt, wobei in den Spalten ganze Bleche von 100 bis 800 *qmm* Fläche und 1 bis 1.5 *mm* Dicke entstanden sind.

Die Meteorite, welche in der Wüste Atacama gefunden worden sind. Herr L. Fletcher hat[2]) eine genaue Untersuchung sämtlicher aus der Wüste Atacama bekannten

---

[1]) Comptes rendus **109.** 1882 p. 241. [2]) M. Mag. London 8. 1889. p. 223.

Digitized by Google

Meteoriten' ausgeführt. Die Arbeit hat, abgesehen von der näheren Schilderung einer Anzahl bis jetzt noch unbeschriebener Meteorite des genannten Fundorts, den Zweck, eine genaue Katalogisierung aller Eisenmassen aus der Wüste Atacama, welche in den Sammlungen aufbewahrt werden, zu geben, um dadurch einer Reihe von falschen Vorstellungen über die Zahl und die Masse der von dort stammenden meteorischen Eisen entgegenzutreten. So wird bewiesen, dass die Gesamtmenge des meteorischen Eisens, welches in der betreffenden Gegend nach und nach aufgefunden wurde, durchaus nicht so massenhaft ist, als von einzelnen Gelehrten behauptet wurde Ein Vergleich der Eisen, sowohl vom mineralogisch-chemischen, als vom geographischen Standpunkte aus ergiebt, dass die Zahl der Fundstellen höchstens 13 beträgt. Die Zusammenstellung der Fundorte, wie sie der Verfasser durchgeführt hat, erfolgte auf Grund eines sorgfältigen Studiums der verschieden etikettierten Stücke und der einschlägigen Litteratur. Einer Zusammenrechnung der bei einer solchen Kritik übrigbleibenden, authentisch verschiedenen Fundorte unter einen Fall, einen Meteoreisenregenschauer, widerspricht der Verfasser, und zwar aus dem doppelten Grunde, weil einmal für Eisenmassen eine solche gleichzeitige Lieferung vieler Stücke nicht bekannt ist: von den neun ihrer Fallzeit nach bekannten Eisenfällen lieferten nur zwei (Agram und Braunau) Doppelsteine, alle übrigen fielen als Einzelmassen nieder; sodann weil auch für die Meteorsteinschauer ein so grosses Zerstreuungsgebiet wie die Wüste Atacama nicht bekannt ist: das grösste Terrain überschüttete der Khaipurfall, aber nur in einer Erstreckung von 25 zu 5 *km*. So kommt der Verfasser zu dem Schlusse, dass es sich bei den Eisenmassen der Wüste Atacama, denen sich übrigens diejenigen von Nord- und Südkarolina der Menge nach durchaus an die Seite stellen lassen, um eine Anzahl vereinzelter, über eine grosse Zeitperiode hin sich erstreckender Fälle handelt, deren Material sich bei der Trockenheit der Gegend vorzüglich frisch erhält, ohne durch Verrosten unkenntlich zu werden. Bezüglich des Einwurfs, dass es dann auffallend sei, wie bei einer solchen grösseren Anzahl von Eisenfällen nur ein einziger Meteorstein aus gleicher Gegend bekannt ist, weist der Verfasser darauf hin, dass überall die Eisenmeteoriten länger kenntlich bleiben, als die Steine, und dass speziell in der Wüste Atacama durch die grossen Temperaturschwankungen das gesamte Gesteinsmaterial einer schnellen Zersplitterung unterliegt.

Der Ursprung der Meteorsteine Die Thatsache, dass von Zeit zu Zeit Stein- und Eisenmassen aus der Luft auf den Erdboden herabstürzen, ist seit Chladni, und nachdem man im gegenwärtigen Jahrhundert diesen Vorgang häufig genug unmittelbar beobachtet hat, nicht mehr zu bezweifeln. Weniger sicher ist man bezüglich des Ursprungs dieser Meteorsteine, ja die

Digitized by Google

neuesten Untersuchungen haben in dieser Beziehung auf Schwierigkeiten geführt, die man früher nicht kannte. Pater Carbonelle hat zur Erklärung jüngst auf eine Hypothese zurückgegriffen, die ursprünglich von Lagrange aufgestellt worden ist, und Faye äussert sich darüber beifällig[1]) Es handelt sich dabei eigentlich um eine Vervollständigung der kosmogonischen Theorie von Laplace mit Bezug auf die Kometen. Laplace hatte geglaubt, bei Aufstellung seiner berühmten Hypothese die Kometen ausschliessen zu müssen. Er betrachtete sie als Fremdlinge im Sonnensystem, die aus den Tiefen des Raumes von der Sonne angezogen zu dieser niedersteigen in hyperbolischen oder parabolischen Bahnen und nur geschlossene Bahnen beschreiben könnten infolge einer mächtigen Störung von Seiten eines der grossen Planeten. Diese Idee von Laplace entsprang dem Umstande, dass er sich den Ursprung der Kometen nicht erklären konnte Lagrange, welcher die Arbeiten von Laplace in hohem Grade bewunderte, versuchte, die Kometen mit der Bildung des Sonnensystems zu verknüpfen, indem er sie selbst aus den Planeten hervorgehen liess, eine Idee, die bei ihm infolge einer Unterhaltung mit Olbers entstanden war. Dieser letztere berühmte Astronom hielt sich damals vorübergehend in Paris auf und entwickelte den dortigen Gelehrten seine Ansichten über den Ursprung der eben entdeckten kleinen Planeten. Indem er sich auf die Thatsache stützte, dass deren Bahnen sich in einem Punkte zu schneiden schienen, wo er selbst deren zwei entdeckt hatte, glaubte er, dass dieselben durch die Zertrümmerung eines grossen Planeten entstanden wären, der ehemals zwischen Mars und Jupiter um die Sonne kreiste. Lagrange übertrug diese Idee auf die Planeten, indem er die Kraft der Explosion beträchtlich grösser annahm, und berechnete die Geschwindigkeit, welche ein Körper haben muss, um von einem Planeten fortgeschleudert eine parabolische oder hyperbolische Bahn zu beschreiben. Nach dieser Theorie könnten alle Kometen mit einem der Planeten unsers Sonnensystems verknüpft werden. Faye hat gefunden, dass deren in der That vorhanden sind, und zwar in der Region der Erde, der Venus und des Merkur. Das Problem war übrigens leicht, denn nach einem von Laplace bewiesenen Satze muss ein Körper, der von einem Planeten abgeschleudert wurde, nach jedem Umlauf seinen Ausgangspunkt wieder passieren. Nun giebt es aber viele Kometen, welche niemals die Bahn irgend eines Planeten schneiden. Muss sonach die Hypothese von Lagrange zurückgewiesen werden bezüglich der Kometen, so liegt die Frage dagegen anders rücksichtlich der so häufig auf die Erde herabstürzenden Aërolithen. Es existiert eine so grosse Ähnlichkeit in der Zusammensetzung dieser Körper mit den Gesteinen aus den Tiefen der Erde, dass man versucht wird,

[1]) Societ. astr. de France, Sitzung vom 5. Juni 1889.

Digitized by Google

jenen einen irdischen Ursprung beizulegen. Indessen giebt es hier eine Schwierigkeit, nämlich die ungeheuere Geschwindigkeit, welche jenen Massen mitgeteilt werden musste, um sie aus dem Bereich der Erde zu schleudern. Dieses Bedenken ist freilich nicht unübersteiglich, denn man kann mit einigem Grunde annehmen, dass die vulkanische Kraft auf der Erde in der Urzeit viel stärker war als gegenwärtig. Pater Carbonelle hatte die Idee Lagrange wieder aufgegriffen, um sie auf die Boliden anzuwenden. Er hat dabei die Arbeiten des amerikanischen Astronomen Newton benutzt, in welchen sich alles Material vorfindet, dass man sich über den Gegenstand überhaupt verschaffen könnte. Newton hat ungefähr 100 Beobachtungen gesammelt, welche die genaue Fallzeit und Fallrichtung von Aërolithen geben. Er hat ferner deren Radiationspunkte bestimmt und gefunden, dass dieselben alle der gleichen Hemisphäre des Himmels angehören.

Die geometrische Diskussion hat ferner gezeigt, dass alle diese Boliden in wenig (höchstens 30 — 35°) geneigten Bahnen einherlaufen, und zwar mit Geschwindigkeit von 12 — 28 *km*, Geschwindigkeiten, welche man ohne Bedenken wohl den Kraftäusserungen der alten irdischen Vulkane zuschreiben kann. Aber noch mehr. Man kann ohne jede Schwierigkeit an Stelle der irdischen Vulkane die Vulkane des Mondes setzen. Der Mond hat sicherlich dieselbe innere Zusammensetzung wie die Erde, und die Boliden könnten von ihm ebenso gut abstammen wie von letzterer. Dagegen müssen auf dem Monde die vulkanischen Kräfte sehr viel gewaltiger gewesen sein als auf der Erde, schon wegen der dort viel geringeren Schwere. Man bemerkt, dass die Mondvulkane keine Lavakegel haben, und dies scheint anzudeuten, dass bei ihren Ausbrüchen die Materie ausserordentlich hoch emporgeschleudert sein muss. Man könnte einwenden, dass auf dem Monde kein Wasser vorhanden ist, solches aber für das Zustandekommen vulkanischer Erscheinungen notwendig ist. Indessen ist es möglich, sogar wahrscheinlich, dass der Mond ehemals Wasser besass. Dasselbe verschwand seitdem, indem es nach und nach von den tiefen Schichten der Mondrinde absorbiert wurde. Was indessen die Hypothese eines irdischen Ursprungs der Meteoriten anbelangt, so ist sie von Herrn Newton vor kurzem endgiltig zurückgewiesen worden, und man kann den von ihm vorgebrachten Gründen noch andere schwerwiegende beifügen. Dagegen ist es etwas anderes mit der Herleitung der Meteoriten von dem Monde. Diese Hypothese ist meiner Meinung nach gegenwärtig nicht so ganz unwahrscheinlich. Ich habe darauf vor Faye und Pater Carbonelle hingewiesen und die Unzulässigkeit der alten Einwürfe dagegen klar gestellt. Es ist, da nun auch von anderer Seite der lunare Ursprung der Meteoriten diskutiert wird, nicht überflüssig, meine früheren Ausführungen hier zu wiederholen: Die Schwierigkeiten, welche man dieser Hypothese entgegengesetzt

Digitized by Google

hat, sind keineswegs so gross, als es den Anschein hat Dass ein Körper, der vom Monde aufgeworfen mit einer Geschwindigkeit von 5 Meilen in der Sekunde bei der Erde anlangt, selbst eine Anfangsgeschwindigkeit von 33000 *m* gehabt haben muss, ist, ruhig betrachtet, kein Grund gegen die Möglichkeit eines lunaren Ursprungs desselben. Warum sollte es auf dem Monde keine explosiven Kräfte geben, die einem Körper eine solche Anfangsgeschwindigkeit zu erteilen vermöchten? Betrachtet man die ungeheuren vulkanischen Gebilde der Mondoberfläche, jene kraterartigen Formationen, die Durchmesser von 10, ja 20 deutschen Meilen haben, so muss man zu der Überzeugung kommen, dass dort einst vulkanische Kräfte gewaltet haben müssen, neben denen unsere irdischen gar nicht in Betracht kommen können. Doch dies ist nur eine Schwierigkeit; eine andere sieht man in dem Umstande, dass nur bei einem ganz bestimmten Verhältnis der Richtung und Wurfgeschwindigkeit ein Körper vom Monde auf die Erde kommen kann. Das ist gewiss richtig. sobald man das Problem lediglich geometrisch betrachtet und den einzelnen Fall ins Auge fasst. Nehmen wir einmal an, es habe vor unbekannten Zeiten auf dem Monde eine ungeheuere Explosion stattgefunden, durch welche ein gewisser Teil seiner Oberfläche abgesprengt und zu kleinen Partikelchen zerschmettert wurde. Wir können uns diese Explosion so denken, dass sie, minenartig aus der Tiefe gegen die Oberfläche wirkend, ein gewaltiges Ringgebirge schuf und die Trümmer aus der Höhlung mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 4 bis 5 Meilen in den Raum schleuderte. Diese Körperteilchen werden dann Bahnen um den Mond beschreiben, die zum grössten Teile Ellipsen sind, allein Ellipsen der verschiedensten Lage und Exzentrizität. In solchen Bahnen können Milliarden von kleinen, meteoritenförmigen Gesteinsbrocken um den Mond oder auch um die Erde kreisen viele Jahrtausende hindurch, bis ihre Bahnen durch die störenden Einwirkungen des Mondes und der Erde successive solche Modifikationen erleiden, dass heute dieser und morgen jener Körper auf die Erde herabkommt. Solche Bahnumgestaltungen infolge von störenden Kräften haben nachweislich bei gewissen Kometen stattgefunden, und wir können das Herabfallen von Meteoriten auf diese Weise erklären, wenn wir nur annehmen, dass die Zahl der Trümmer, welche einst vom Monde in den Raum geschleudert wurden, sehr gross war. Dem steht aber durchaus nichts entgegen; ja man müsste sich sogar wundern, wenn bei der Entstehung der grossen Mondkrater keine Explosionen, wie sie hier angenommen werden, stattgefunden hätten. Was man unter Umständen von vulkanischen Paroxysmen erwarten kann, hat ja jüngst der Krakatau gelehrt, obgleich er ein Vulkan von so winziger Bedeutung neben den Mondformationen ist, dass er gar nicht in Vergleich gebracht werden

Digitized by Google

kann. Die einzige ernstliche Schwierigkeit gegen die hier vorgebrachte Hypothese wäre der Nachweis, dass die Meteoriten wirklich in hyperbolischen Bahnen durch die Himmelsräume sich bewegen, denn dann würden sie auf die Sternenwelt als ihre Heimat verweisen. Allein dieser Beweis ist in der erforderlichen Strenge durchaus noch nicht erbracht, und man kann daher vielleicht an dem lunarischen Ursprunge der Meteoriten festhalten, ohne befürchten zu müssen, gegen unwiderlegbare Thatsachen zu verstossen.

Fixsterne.

Sternfarben. Die Bestimmungen der Sternfarben aus Beobachtungen, sowie Untersuchungen über die Zahl und Verteilung der farbigen Sterne sind noch immer sehr wenig ausgedehnt Hauptsächlich liegt dies daran, dass die Farben der Sterne an und für sich sehr wenig hervortreten, und ausserdem die Auffassung der Nuancen durchaus individuell ist F. W. Levander hat jüngst eine Zusammenstellung der Farbenbezeichnungen der Sterne, geordnet nach der Helligkeit der letzteren, veröffentlicht. Das Material zu dieser Arbeit lieferten die Kataloge von Chambers, Franks, Herschels Kap-Beobachtungen, Tupman und Webb's Werk: Celestial Objects. Im ganzen finden sich in diesen Werken 4984 farbige Sterne aufgeführt. Es wurden hierbei nur diejenigen Sterne berücksichtigt, bezüglich deren Färbung übereinstimmende Angaben vorlagen. Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate der Untersuchung.

Grösse	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–	Total
Aschfarbig . . .	—	—	—	—	—	1	5	67	73
Blau	1	2	—	1	—	5	30	242	281
Karmosin . . .	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Granat	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Grün	—	—	—	1	4	2	7	25	39
Grauweiss	—	—	—	—	2	3	2	28	35
Lila	—	—	—	—	2	4	5	25	36
Orange	3	6	21	47	120	96	65	18	376
Purpurfarbe . . .	—	—	—	—	1	2	1	20	24
Rot	2	2	4	8	40	63	107	194	420
Rubinfarbe . . .	—	—	—	—	—	—	—	9	9
Scharlach	—	—	—	—	—	—	2	3	5
Violett	—	—	—	—	—	—	5	9	14
Weiss	6	30	79	158	410	417	487	1041	2628
Gelb	8	22	79	129	265	250	154	135	1042
	20	62	183	344	844	843	870	1818	4984

Eigenbewegungen der Fixsterne. Eine Zusammenstellung der Eigenbewegungen der Fixsterne von 0.5″ jährlich und darüber hat J. Bossart geliefert [1]). Diese Arbeit ist sehr vollständig, denn alle vorhandenen Kataloge und astronomischen

Zeitschriften wurden zu diesem Behufe durchgegangen und die Angaben über die Eigenbewegungen kritisch geprüft. Auf diese Weise sind mehrere bisherige Angaben über aussergewöhnlich grosse Eigenbewegungen als irrig erkannt worden. Die nachstehende Tabelle enthält sämtliche hierhin gehörige Sterne, geordnet nach der Grösse ihrer jährlichen Eigenbewegung.

Namen.	Grösse	Position 1890.0		Eigenbewegung				Autorität.
		AR.	D.	in AR.	in D.	Resultante	Richtung	
		h m	° ′	s	″	″	°	
1830 Groombr. .	6	11.46	+38.34	+0.346	—5.78	7.05	145.0	Argelander.
9352 Lac. . . .	7	22.59	—36.29	+0.567	+1.31	6.97	79.2	A. N. 2377.
32416 Cordoba .	8.9	23.59	—37.53	+0.474	—2.33	6.08	112.5	A. N. 2661.
61^1 Cygni . .	5	21. 1	+38.12	+0.344	+3.23	5.20	51.5	Auwers.
61^2 Cygni . .	6	21. 1	+38.12	+0.350	+3.03	5.14	53.9	Auwers.
21185 Lal. . .	7.8	10.57	+36.50	—0.045	—4.72	4.75	186.6	Argelander.
ε Indi	5	21.55	—57.14	+0.480	—2.45	4.60	122.2	Stone.
21258 Lal. . .	8.9	11. 0	+44. 5	—0.400	+0.94	4.40	282.4	Argelander.
o^2 Eridani . .	4.5	4.10	— 7.49	—0.144	—3.44	4.05	211.9	Auwers.
14318 A. O. . .	9	15. 4	—15.54	—0.065	—3.65	3.76	194.2	A. N. 2377.
14320 A. O. . .	9	15. 4	—15.49	—0.065	—3.65	3.76	194.2	A. N. 2377.
μ Cassiopeae . .	5	1. 0	+54.26	+0.386	—1.58	3.73	115.1	Auwers.
α_1 Centauri . .	3	14.32	—60.23	—0.473	+0.81	3.62	282.9	Stone.
α_2 Centauri . .	1	14.32	—60.23	—0.476	+0.81	3.62	282.9	Stone.
11677 A. O. . .	9	11.14	+66.27	—0.507	+0.21	3.05	274.0	A. N. 2192.
1060 Lac. . . .	4.5	3.15	—43.29	+0.266	+0.75	2.99	75.5	Stone.
248 Lal. . . .	7.8	0.12	+43.24	+0.257	+0.40	2.83	81.9	Paris.
25372 Lal. . .	8.9	13.40	+15.30	+0.127	—1.44	2.33	128.1	Argelander.
Arcturus . . .	1	14.10	+19.47	—0.080	—1.98	2.28	209.7	Auwers.
β Hydrae . . .	3	0.20	—77.52	+0.720	+0.32	2.24	82,0	Stone.
7443 Lal. . . .	9.10	3.56	+35. 1	+0.147	—1.32	2.24	126.0	Argelander.
123 Piazzi IIh .	6	2.30	+ 6.21	+0.118	+1.31	2.19	53.3	Paris.
ζ Toucan . . .	5	0.14	—65.31	+0.280	+1.14	2.08	56.8	Stone.
3077 Bradley .	6	23. 8	+56.34	+0.249	+0.29	2.08	82.0	Auwers
15290 Lal. . .	8	7.46	+30.58	+0.061	—1.81	1.97	156.6	Argelander.
τ Ceti	3.4′	1.39	—16.31	—0.122	+0.86	1.96	296.0	Auwers.
212 Piazzi XIVh.	6	14.51	—20.55	+0.068	—1.68	1.93	150.5	Paris.
σ Draconis . .	5	19.32	+69.30	+0.097	—1.77	1.84	163.9	Auwers.
18115 Lal. . .	8	9. 7	+53.10	—0.174	—0.65	1.69	247.5	Argelander.
δ Pavon. . . .	3.4	19.58	—66.28	+0.193	—1.23	1.69	136.7	Stone.
8362 Lac. . . .	6	20. 4	—36.22	+0.003	—1.60	1.65	166.3	Stone.
30694 Lal. . .	7	16.47	+ 0.13	—0.047	—1.45	1.61	206.1	Schjellerup.
31055 Lal. . .	8	16.59	— 4.53	—0.070	—1.20	1.59	221.2	Schjellerup.
2957 Lac. . . .	6	7.41	—33.58	—0.022	+1.50	1.52	349.8	Stone.
61 Virginis . .	5	13.12	—17.42	—0.076	—1.06	1.52	225.8	Auwers.
ζ_1 Reticuli . .	5.6	3.15	—63. 0	+0.194	+0.65	1.47	63.8	Stone.
3386 Lac. . . .	6	8.29	—31. 9	—0.101	+0.70	1.47	298.5	Stone.
ζ^2 Reticuli . .	5.6	3.16	—62.55	+0.190	+0.65	1.44	63.1	Stone.
1643 Fedoren. .	6	10. 5	+50. 1	—0.139	—0.50	1.43	249.4	Argelander.
30044 Lal. . .	7	16.25	+ 4.28	—0.029	—1.36	1.43	197.8	Argelander.
ν Indi	5.6	22.15	—72.47	+0.281	—0.69	1.43	118.9	Stone.
8381 Lac. . . .	6	20. 8	—27.22	+0.083	+0.76	1.42	57.7	A. N. 398.

[1]) Bull Astronomique 7. Mars 1890. pag. 98 u. ff.

Digitized by Google

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
147 Lac. . . .	6	0.32	—25.22	+0.103	—0.06	1.41	92.4	Paris.
1384 Fedoren. .	7	8.45	+71.14	—0.281	—0.38	1.40	254.4	Argelander.
6888 Lal. . . .	9	3.39	+41. 9	+0.054	—1.23	1.38	153.8	Argelander.
38383 Lal. . .	8	19.59	+23. 3	—0.073	—0.94	1.38	227.1	A. N. 2940.
46650 Lal. . .	9	23.43	+ 1.50	+0.064	—0.95	1.36	134.4	Astr. Journ. 200.
38692 Lal. . .	9	20. 8	—27.22	+0.098	—0.26	1.33	101.3	Argelander.
189 Piazzi 0h .	6	0.43	+ 4.43	+0.039	—1.18	1.32	153.4	Paris.
Sirius	1	6.40	—16.33	—0.037	—1.20	1.32	204.2	Auwers.
γ Serpent . . .	3	15.51	+16. 3	+0.019	—1.29	1.32	167.7	Auwers.
20452 A. O. . .	8.9	20.17	—21.41	+0.040	—1.20	1.32	155.0	Cincinnati.
27744 Lal. . .	6.7	15. 8	— 0.55	—0.080	—0.50	1.31	247.4	Argelander.
322 Weisse₁ . .	8	17.20	+ 2.15	—0.040	—1.17	1.31	207.2	Astr. Journ. 200.
ι Persei . . .	4	3. 1	+49.11	+0.129	0.00	1.30	90.0	Paris.
85 Pegasi . . .	6	23.56	+26.31	+0.062	—0.98	1.29	139.4	Auwers.
17415 A. O. . .	9	17.37	+68.27	—0.068	—1.21	1.27	197.1	Argelander.
Procyon . . .	1	7.33	+ 5.30	—0.047	—1.03	1.26	214.6	Auwers.
36 Ophiuchus .	5	17. 9	—26.26	—0.039	—1.14	1.26	204.5	Auwers.
9383 Stone . .	6.7	17. 9	—26.26	—0.039	—1.14	1.26	204.5	Stone.
30 Scorpii . . .	7	17. 9	—26.22	—0.039	—1.13	1.25	205.1	Auwers.
4887 Lac. . . .	6	11.41	—39.54	—0.100	+0.39	1.21	288.7	Jacob.
4955 Lac. . . .	7	11.52	—27. 4	—0.077	—0.61	1.20	239.4	A. N. 2565.
43 Comae . . .	4	13. 6	+28.26	—0.061	+0.90	1.20	318.4	Auwers.
28607 Lal. . .	7	15.37	—10.34	—0.079	— 0.28	1.20	256.5	A. N. 2806.
η Cassiopeae . .	4	0.42	+57.14	+0.135	—0.48	1.19	113.8	Auwers.
15565 Lal. . .	8	7.54	+29.34	—0.008	—1.16	1.16	184.9	Paris.
δ Trianguli . .	5.6	2.10	+33.44	+0.090	—0.22	1.14	101.1	Auwers.
1189 Weisse₁ .	7.8	4.55	— 5.52	+0.037	+1.00	1.14	28.8	Schjellerup.
70 Ophiuch . .	4	17.59	+ 2.32	+0.013	—1.11	1.13	169.8	Auwers.
θ Ursae . . .	3	9.25	+52.11	—0.104	—0.56	1.12	240.0	Auwers.
20 Hydrae . .	6	11.29	—32.15	—0.053	+0.87	1.10	322.0	Auwers.
27298 Lal. . .	9	14.52	+54. 6	—0.113	+0.49	1.10	296.3	Argelander.
22986 Lal. . .	8.9	12.10	— 2.24	—0.071	—0.17	1.08	261.0	A. N. 2299.
72 Herculis . .	6	17.16	+32.38	+0.009	—1.03	1.04	173.9	Auwers.
27026 Lal. . .	7.8	14.45	—23.50	—0.065	—0.48	1.02	241.9	A. N. 2734.
8620 Lac. . . .	6	20.50	—44.31	—0.043	—0.91	1.02	206.8	Stone.
16304 Lal. . .	6	8.13	—12.15	+0.015	—0.98	1.01	166.8	Paris.
44964 Lal. . .	8	22.54	—23. 7	—0.071	0.00	1.01	270.0	A. N. 2578.
5490 Lal. . . .	7.8	2.55	+61.18	+0.100	—0.69	1.00	133.6	Argelander.
172 Lac . . .	5	0.35	—60. 4	+0.120	+0.42	0.99	65.0	Stone.
ε Eridan . . .	3.4	3.27	— 9.50	—0.068	+0.01	0.99	270.6	Auwers
22954 Lal. . .	7.8	12. 9	— 9.39	+0.007	—0.99	0.99	174.2	Argelander.
61 Piazzi . . .	8	5.16	+ 3.28	—0.065	+0.01	0.98	270.6	Greenw. 1850.
1646 Groomb. .	6	10.21	+49.24	+0.013	—0.96	0.97	172.8	A. N. 1036.
b Aquilae . . .	5	19.19	+11.43	+0.049	+0.65	0.97	47.9	Auwers.
241 Weisse₂ . .	6.7	13.14	+35.43	+0.031	—0.89	0.96	156.7	Argelander.
2874 A + 25° .	9	15. 3	+25.20	—0.064	+0.41	0.96	295.2	A. N. 2935.
181 Weisse₂ . .	9	8.11	+30.58	—0.025	—0.89	0.95	199.7	Argelander.
26630 Lal. . .	7.8	14.31	—11.50	—0.059	+0.39	0.94	294.2	Argelander.
2138 Lac. . . .	5.6	5.46	—80.33	+0.034	+0.93	0.93	4.9	Stone.
8960 Lac. . . .	7	21.50	—57.14	—0.044	+0.70	0.93	318.5	A. N. 1066.
9061 Lac. . . .	6	22. 8	—41.54	+0.047	—0.75	0.92	144.8	Stone.
10299 Lal. . .	8	5.23	— 3.34	—0.020	—0.86	0.91	199.2	Paris.
127 Piazzi XIVh.	7	14.32	—11.51	—0.058	+0.35	0.91	292.6	A. N. 641.
η Serpentis . .	3.4	18.15	— 2.56	—0.040	—0.68	0.91	221.4	Auwers.
38380 Lal. . .	5.6	19.59	+29.36	+0.055	—0.55	0.91	127.7	Argelander.

Digitized by Google

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
802 Weisse$_1$ . .	9	20.33	+ 5.16	+0.059	—0.13	0.90	98.3	Schjellerup.
υ Andromedae .	5.6	1.35	+42. 4	+0.078	—0.15	0.89	99.8	Paris.
1688 Fedoren. .	6	10.21	+49.23	+0.012	—0.88	0.89	172.4	Argelander.
25012 Lal. . .	7.8	13.26	— 1.46	—0.056	+0.24	0.88	286.0	Argelander.
23995 Lal. . .	9	12.47	—17.53	+0.020	—0.82	0.87	160.8	Argelander.
24168 Lal. . .	8	12.53	— 9 15	—0.057	+0.17	0.86	281.0	Argelander.
97 Weisse$_2$ . .	8	21. 7	+17.19	—0.007	—0.85	0.86	186.7	Argelander.
9585 Lac. . . .	7	23.41	—42.10	+0.010	—0.85	0.86	172.6	Stone.
λ Aurigae . .	5	5.11	+40. 0	+0.045	—0.66	0.85	142.3	Auwers.
31132 Lal. . .	8	16.59	+47.12	+0.011	+0.84	0.85	7.8	Argelander.
39866 Lal. . .	9	20.34	+ 4.35	+0.058	+0.09	0.85	84.0	Astr. Journ. 200.
24168 Lal. . .	8	12.53	— 9.15	—0.055	+0.17	0.84	281.7	Schjellerup.
γ Pavon . . .	3	21.17	—65.52	+0.019	+0.83	0.84	8.2	Stone.
43492 Lal. . .	7	22.12	+12.21	+0.057	+0.05	0.84	86.1	Argelander.
μ Herculis . .	3.4	17.42	+27.47	—0.024	—0.75	0.82	203.7	Auwers.
η Cephei . . .	3.4	20.43	+61.24	+0 013	+0.81	0.82	11.2	Auwers.
15950 Lal . .	7	8. 5	+32.49	—0.035	—0.68	0.81	213.5	Paris.
θ Centauri . .	2	14. 0	—35.50	—0.044	—0.61	0.81	221.0	Auwers.
ρ Coronae . .	5.6	15.57	+33.39	—0.018	—0.78	0.81	195.8	Auwers.
1045 Lal. . . .	7	0.35	+39 36	+0.032	—0.71	0.80	152.5	Paris.
27274 Lal. . .	8.9	14.54	—21.33	—0.042	—0.54	0.80	227.5	A. N. 2645.
999 Lal. . . .	7.8	0.33	+ 2.31	+0.050	+0.25	0.79	71.6	Paris.
19022 Lal. . .	8	9.37	+43 14	+0.002	—0.79	0.79	178.4	Argelander.
83 Leonis . . .	6	11.21	+ 3.37	—0.051	+0.18	0.79	283.2	Auwers
χ Herculis . .	6	15.49	+42.45	+0.037	+0.60	0.79	40.9	Auwers.
9537 Lac. . . .	6	23.33	—73 18	+0.024	—0.78	0.79	172.7	Stone.
6320 Lal. . . .	8	3.20	— 5.43	—0.000	—0.78	0.78	180 0	Paris.
11196 Lal. . .	7	5.50	+13.56	+0.035	—0.53	0.78	136.7	Armagh.
β Canum . . .	4	12.28	+41.57	—0.065	+0.29	0.78	291.0	Auwers.
7563 Lal. . . .	8	4. 0	+37.47	+0.061	—0.23	0.77	107.5	Paris.
8735 Lal. . . .	7.8	4.34	+41.55	+0.058	—0.42	0.77	122.9	Paris.
β Virginis . .	4	11.44	+ 2.23	+0 048	—0.26	0.77	110.0	Auwers.
49 Ceti . . .	5.6	15.54	—16.12	—0.047	—0.37	0.77	241.5	Auwers.
11 Leonis minoris	6	9.29	+36.19	—0.060	—0.24	0.76	251.6	Auwers.
32 Piazzi XI^h .	8	11.13	— 4.27	+0.049	—0.14	0.76	100.6	Armagh.
δ Eridani . . .	4	3.38	—10. 8	—0.008	+0.74	0.75	350.8	Auwers.
8139 Lac. . . .	7	19.26	—28 13	0.000	—0.75	0.75	180.0	A. N. 1066.
ν Phenicis . .	4.5	1.10	—46. 7	+0.070	+0.15	0.74	78.4	Cap 1860.
305 Piazzi VI^h .	6	6.57	+29.31	+0.014	—0.72	0.74	166.0	Paris.
321 Piazzi VIII^h.	6.7	8. 5	+32.49	—0.025	—0.67	0.74	205.5	Sev. Years Cat.
ξ Ursae . . .	4	11.12	+32 9	—0.037	—0,57	0.74	219.5	Auwers.
29437 Lal. . .	6	16. 4	+ 6.42	+0 016	—0.71	0.74	162.7	Argelander.
2966 Lal. . . .	8	1.33	+66.21	+0.113	—0.26	0 73	110.6	Argelander.
12 Eridani . .	4	3. 7	—29.25	+0.025	+0.66	0.73	25.9	Auwers.
γ Piscium . . .	4	23.11	+ 2.41	+0.049	+0.02	0.73	88.4	Auwers.
107 Piscium . .	5.6	1.36	+19.45	—0.021	—0.66	0.72	204.5	Auwers.
10797 Lal. . .	8	5.38	+37.16	+0.042	—0.52	0.72	135.8	Argelander.
24414 Lal. . .	7	13. 3	+ 5.49	+0.005	—0.72	0.72	173.6	Argelander.
21319 A. O. . .	9	21.14	—20.18	—0.010	—0.71	0.72	191.2	Cincinnati.
1065 Lal . . .	6	0.35	—24.24	+0.047	—0.32	0.71	116.6	Paris.
9960 Lal . . .	8	5.14	— 3.12	+0.047	+0.12	0.71	80.3	Paris.
23917 Lal. . .	7.8	12 44	+ 1.50	—0.002	—0.71	0.71	182 4	Astr. Journ. 200.
36872 Lal. . .	7.8	19.26	—28.13	+0.002	—0.71	0.71	177.7	Argelander.
20 Leonis minoris	6	9.55	+32.29	—0.043	—0.43	0.70	232.0	Auwers.
41363 Lal. . .	7	21.13	—26.47	—0.046	—0.34	0.70	240.7	Argelander.

Digitized by Google

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität
		h m	° '	s	"	"	°	
9012 Lal. . .	7.8	4.44	+45 40	+0.038	—0.57	0.69	145.6	Paris.
δ Leporis . .	5	5.46	—20.53	+0.016	—0.65	0.69	160.5	Auwers
22632 Lal. .	6	11.57	+43.43	—0.036	—0.57	0.69	214.2	Argelander.
745 Groomb. .	8	3.47	+75.52	+0.098	—0.57	0.68	147.8	Argelander.
13427 Lal. .	9	6.53	+48.33	+0.059	—0.35	0.68	121.3	Argelander.
ε Scorpii . .	3	16.42	—34. 6	—0.050	—0.27	0.68	246.5	Auwers.
χ Eridani . .	4	1.52	—52. 9	+0.067	+0.25	0.67	68.0	Stone.
17161 Lal. .	9.10	8.38	+42. 6	—0.028	—0.59	0.67	207.2	Argelander.
1822 Groomb.	8	11.40	+48 17	—0.062	—0.25	0.67	247.7	Argelander.
69 Weisse₁ .	8	12. 7	— 2.29	—0.037	+0.38	0,67	304.7	A. N 2299.
1005 Weisse₁	9	17.51	— 1.23	—0.009	+0.66	0.67	348.1	Glasgow.
3638 Fedoren.	7	20.52	+74.20	+0.102	+0.52	0.67	38.7	Argelander
475 Lal. . .	8.9	0.19	—27.38	+0.049	0.00	0.66	90.0	Paris.
2459 Bradley	5.6	19.21	+24.43	—0.015	—0.63	0.66	197.6	Auwers.
159 Piazzi I^h	6.7	1.39	+63.13	+0.088	—0.26	0.65	113.3	Argelander.
1198 Lal. . .	8.9	0.39	+ 1.12	0.000	—0.64	0.64	180.0	Paris.
2450 Lal. . .	7	1.16	+18. 6	+0.045	0.00	0.64	90.0	Paris.
22069 Lal. seq.	7	11.33	+45.43	—0.061	+0.04	0.64	273.2	Argelander.
24504 Lal. .	8.9	13. 6	+10.12	—0.034	+0.40	0.64	308.7	Schjellerup.
5 Serpent. .	5.6	15.14	+ 2 12	+0.024	—0.53	0.64	145.9	Auwers.
36245 Lal. pr.	8	19. 9	+49.38	—0.015	+0.62	0.64	346.5	Argelander.
α Aquilae . .	1.2	19.45	+ 8.35	+0.035	+0.38	0.64	53.8	Auwers.
3738 Fedoren	9	21. 9	+73.16	—0.073	—0.56	0.64	209.7	Argelander.
1159 Groomb.	6	6.27	+79.42	0.000	—0.63	0.63	180.0	Paris.
Pollux . . .	1	7.38	+28.17	—0.048	—0.05	0.63	265.5	Auwers.
70 Virginis .	5.6	13.23	+14.22	—0.018	—0.57	0.63	204.5	Auwers.
1966 Lal. . .	9	1. 2	+60.57	+0.084	+0.09	0.62	82.2	Argelander
15547 Lal. .	8	7.53	+21.10	+0.019	—0.56	0.62	154 3	Paris.
520 Weisse₁ .	6.7	10.31	—11.37	+0.015	—0.58	0.62	158.9	Argelander.
3205 Fedoren.	6	19.29	+58.22	—0.062	—0.39	0.62	231 2	Argelander
40215 Lal. .	8	20.39	+75.11	+0.101	+0.48	0.62	39.4	Argelander.
46495 Lal. .	9	23.38	+57.27	+0 049	+0.47	0.62	40.2	Argelander.
54 Piscium .	6.7	0.33	+20.40	—0.034	—0.37	0 61	232.3	Paris.
2740 Lac. . .	6	7.15	—46.48	—0.024	+0 56	0.61	335.9	Stone.
113 Weisse₁ .	8	3. 9	+ 8.35	+0.030	—0.40	0.60	131.7	Glasgow.
81 Cancris .	6.7	9. 6	+15 26	—0 038	+0.25	0.60	294.4	Auwers.
22908 Lal. .	7	12. 7	+11.28	+0.010	—0.58	0.60	165.5	Glasgow.
25484 Lal. .	6.7	13.45	—23.51	—0.040	—0.26	0.60	244.8	Argelander.
728 Weisse₁ .	8	14.41	+10. 7	+0.004	—0.60	0.60	174.3	Glasgow.
ζ Herculis .	3	16.37	+31.48	—0.036	+0.41	0.61	312.3	Auwers.
χ Draconis .	4.5	18.23	+72.42	+0.113	—0.37	0.60	128.2	Auwers
43205 Lal. .	8	22. 3	+52.36	—0.055	—0.34	0.60	235.8	Argelander
3436 Fedoren	6.7	20.16	+66.30	+0.089	+0.27	0.60	63.3	Argelander.
2387 Lal. . .	9	1.14	— 9.30	—0.018	—0.53	0.59	206.1	Paris.
4141 Lal. . .	7	2.10	+23.46	+0.044	—0.16	0 59	105.7	Paris.
4855 Lal. . .	8	2.32	+30.21	—0.029	—0.45	0.59	220.2	Paris.
514 Weisse₁ .	8.9	17.29	+ 6. 5	—0.029	+0.40	0.59	312.3	Glasgow
38100 Lal. .	8	19 54	—10.14	—0.027	—0.44	0.59	222.3	Schjellerup.
39816 Lal. .	6 7	20.34	—24.11	+0.032	+0.40	0.59	46.9	Argelander.
γ Virginis .	3	12.36	— 0.51	—0 039	+0.02	0.58	272.0	Auwers.
26 Draconis .	6	17.34	+61.58	+0.038	—0.52	0.58	152.3	Argelander.
4371 Fedoren	8	23. 1	+67.49	+0.100	+0.13	0.58	76.7	Argelander.
β Cassiopeae .	2	0. 3	+58.33	+0.067	—0.20	0.57	110.7	Paris.
1964 Lal. . .	9	1. 2	+22 23	+0.013	—0.54	0.57	160.6	Paris
146 Piazzi V^h	6.7	5.32	+53 26	0.000	—0.57	0.57	179.8	Argelander.

Digitized by Google

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
ρ^2 Cancri . . .	6	8.46	+28.46	−0.039	−0.23	0.57	246.2	Auwers.
15 Sagittae . .	6	19.59	+16.47	−0.030	−0.38	0.57	228.5	Auwers.
40849 Lal. . .	9	21. 0	+ 6.39	+0.003	−0.57	0.57	175.0	Argelander.
23166 A. O. . .	7	23.54	−20.38	+0.040	−0.30	0.57	169.4	Cincinnati.
3227 Br. . . .	7.8	2. 6	+67.10	+0.080	−0.30	0.56	122.6	Auwers.
6429 Lal. . . .	8.9	3.23	−20.11	+0.037	+0.23	0.56	65.7	Cincinnati.
14146 Lal. . .	9	7.11	−12.52	−0.037	+0.12	0.56	282.3	Paris.
216 Weisse$_1$ . .	8.9	13.15	+ 4.42	−0.035	+0.21	0.56	292.0	Astr. Journ. 200.
39 Serpentis . .	7	15.48	+13.33	−0.012	−0.53	0.56	198.8	Auwers.
42883 Lal. . .	7	21.54	+29.18	−0.029	−0.41	0.56	222.9	Argelander.
ι Piscium . . .	4	23.34	+ 5. 2	+0.023	−0.44	0.56	141.5	Auwers.
10 Tauri . . .	4.5	3.31	+ 0. 4	−0.016	−0.50	0.55	205.6	Auwers.
π′ Orionis . . .	3	4.44	+ 6.46	+0.037	−0.01	0.55	91.0	Paris.
2106 Lac. . . .	5.6	5.53	−63. 7	+0.021	+0.53	0.55	14.8	Stone.
18076 Lal. . .	7.8	9. 3	−14.42	−0.035	−0.20	0.55	249.0	Argelander.
37120 Lal. . .	7	19.29	+32.57	−0.039	+0.23	0.55	295.0	Argelander.
8262 Lac . . .	7	19.48	−24.12	−0.007	−0.56	0.55	193.8	A. N. 2661.
38139 Lal. . .	9	19.55	−12.33	−0.024	−0.42	0.55	219.8	Schjellerup.
6108 Lal. . . .	8	3.13	+27. 9	+0.041	0.00	0.54	90.0	Paris.
τ^6 Eridani . .	4.5	3.42	−23.34	−0.013	−0.53	0.54	198.8	Auwers.
9986 Lal. . . .	6.7	5.14	−18.15	+0.038	−0.05	0.54	95.3	Paris.
990 Groomb. . .	8	5.30	+51.22	−0.057	+0.09	0.54	279.1	Argelander.
18 Scorpii . . .	5	16. 9	− 8. 4	+0.011	−0.51	0.54	161.6	Auwers.
32047 Lal. . .	7	17.25	+67.24	−0.093	0.00	0.54	270.0	Argelander.
34986 Lal. . .	7.8	18.43	+10.38	+0.012	−0.51	0.54	160.6	Glasgow.
τ Cygni . . .	4	21.10	+37.35	+0.015	+0.51	0.54	19.4	Paris.
45455 Lal. . .	8	23. 8	− 9.31	+0.037	−0.03	0.54	92.9	Argelander.
6772 Lal. . . .	7.8	3.36	+42.16	+0.040	−0.30	0.53	124.3	Paris.
13849 Lal. . .	7	7. 4	+21.27	−0.010	−0.51	0.53	185.3	Paris.
22701 Lal. . .	8.9	12. 0	− 0.54	−0.035	0.00	0.53	270.0	Schjellerup.
268 Weisse$_1$ . .	8.9	15.17	+ 1.49	−0.026	−0.36	0.53	227.3	Astr. Journ. 200.
2635 Lal. . . .	8	1.22	− 0.42	+0.020	−0.42	0.52	143.6	Paris.
2682 Lal . . .	8	1.24	+21.10	+0.035	−0.18	0.52	110.2	Paris.
m Tauri . . .	5.6	5. 1	+18.30	+0.038	+0.02	0.52	87.8	Auwers.
2501 Lac. . . .	6	6.49	−28.23	+0.029	−0.35	0.52	131.9	Paris.
469 Mayer . .	7	11. 8	+20.43	−0.030	−0.30	0.52	234.5	Rümker.
β Leonis . . .	2.3	11.43	+15.11	−0.036	−0.10	0.52	258.9	Auwers.
33 Virginis . .	6	12.41	+10.10	+0.018	−0.44	0.52	148.5	Auwers.
25404 Lal. . .	6	13.42	+ 6.54	−0.032	−0.20	0.52	247.4	A. N. 786.
30024 Lal. . .	7	16.24	+18.39	−0.024	+0.39	0.52	318.2	Argelander.
1454 Weisse$_1$.	8	20.59	+ 2.34	−0.023	−0.39	0.52	221.9	Astr. Journ. 200.
ξ Pegasi . . .	5	22.41	+11.37	+0.013	−0.48	0.52	158.4	Auwers.
45599 Lal. . .	8	23.13	+ 4.48	+0.034	−0.11	0.52	102.2	Astr. Journ. 200.
4268 Lal. . . .	7	2.12	+ 1.13	+0.023	+0.37	0.51	43.8	Argelander.
ι Ursae . . .	3.4	8.52	+48.28	−0.044	−0.25	0.51	240.4	Auwers.
10 Ursae . . .	4	8.53	+42.14	−0.040	−0.26	0.51	239.4	Auwers.
γ Leonis . . .	2.3	10.14	+20.24	−0.037	0.00	0.51	270.0	Argelander.
α Hydrae . . .	4	10.54	−17.43	−0.034	+0.16	0.51	288.4	Auwers.
24774 Lal. . .	8	13.16	+43.42	−0.047	−0.03	0.51	266.2	Argelander.
26289 Lal. . .	6	14.18	+ 1.45	+0.010	−0.49	0.51	163.0	Astr. Journ. 200.
σ Pegasi . . .	5.6	22.46	+ 9.15	+0.034	+0.05	0.51	84.4	Auwers.
3022 Lal. . . .	7.8	1.34	+27.33	+0.036	+0.15	0.50	72.7	Paris.
6788 Lal. . . .	7	3.35	− 2.41	+0.029	−0.26	0.50	121.2	Paris.
1339 Groomb. . .	7	7.38	+80.33	−0.009	0.00	0.50	270.0	Paris.
22585 Lal. . .	6	11.55	− 9.49	+0.003	−0.50	0.50	174.3	Auwers.

Digitized by Google

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultat	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
δ Virginis . .	3	12.50	+ 4. 0	—0.034	—0.05	0.50	264.3	Auwers.
9011 Lal. . . .	8	4.42	+18.32	+0.018	—0.41	0.49	147.6	Paris.
23806 Lal. . .	7	12.41	—11.13	—0.033	0.00	0.49	270.0	Schjellerup.
42 Comae . . .	4.5	13. 4	+18. 7	—0.033	+0.15	0.49	287.7	Auwers.
i Centauri . .	5	13.39	—32.29	—0.037	—0.15	0.49	252.3	Auwers.
τ Bootis . . .	5	13.42	+18. 0	—0.035	+0.04	0.49	274.7	Auwers.
β Triangel aust.	3	15.45	—63. 5	—0.027	—0.43	0.49	202.7	Stone.

Die Bewegung der Sterne in der Gesichtslinie zur Erde hin ist ein Problem, mit welchem die Astronomen sich erst beschäftigen konnten, seit die Spektralanalyse die Wege dazu gebahnt hatte, und die Vervollkommnung der bezüglichen Instrumente die Mittel lieferte. Das Prinzip dieser Anwendung ist schon 1842 von Doppler ausgesprochen werden in einer allerdings irrigen Hypothese über den Ursprung der Sternfarben. Doppler nahm an, die Geschwindigkeit der Fixsterne bei ihrer Bewegung durch den Weltraum sei keineswegs verschwindend klein im Vergleich zur Geschwindigkeit des Lichtes. Daher müsse bei Annäherung eines Sterns an uns die Zahl der Ätherschwingungen seines Lichtes, welche in einer Sekunde unser Auge treffen, merkbar grösser und bei der Entfernung merklich kleiner sein, als wenn der Stern in der Richtung gegen die Erde hin still stehe. Mit Zunahme der Anzahl der Ätherschwingungen nähert sich die Farbe der betreffenden Lichtquelle mehr dem violetten Ende des Spektrums, bei Abnahme dieser Anzahl dagegen mehr dem roten Ende. Dieser Schluss, aus einer an sich richtigen Voraussetzung, ist freilich völlig hinfällig, einesteils weil das sichtbare Spektrum eines Sterns nur einen Teil des ganzen Sternspektrums bildet, also durch die angenommene Bewegung gar keine dem Auge merkliche Veränderung in der Farbenmischung stattfinden kann, weil nämlich stets nur die Strahlen zwischen ganz bestimmten Wellenlängen sichtbar werden, dann aber auch weil die Eigenbewegungen der Sterne viel langsamer sind, als Doppler annahm. Erst nach Erfindung der Spektralanalyse machte 1860 Professor Mach darauf aufmerksam, dass die Bewegung einer Lichtquelle eine Verschiebung der Spektrallinien zur Folge haben müsse. Der erste, welcher diese Folgerung am Fixsternhimmel prüfte, war Pater Secchi in Rom, doch erwiesen sich seine Apparate nicht fein genug für diese Untersuchungen. Erfolg hatte erst Huggins. Nachdem er zuerst festgestellt, dass eine starke dunkle Linie im Spektrum des Sirius übereinstimme mit der Wasserstofflinie Hβ, verglich er diese Siriuslinie direkt mit der Linie Hβ des in einer Geissler'schen Röhre glühenden Wasserstoffs und fand in der That eine sehr geringe Verschiebung der Siriuslinie, und zwar gegen Rot hin. Hiernach würde sich also Sirius von uns entfernen, und zwar, wie die Rechnung lehrte,

Digitized by Google

um etwa 29.4 engl. Meilen in der Sekunde. Genauere Resultate erhielten Vogel und Lohse in Bothkamp. Sie brachten eine Geissler'sche, mit Wasserstoff gefüllte Röhre im Innern des Fernrohres an, so dass dieselbe den vom Objektivglase kommenden Strahlenkegel berührt. Ferner wurde ihre Längsrichtung senkrecht auf den Spalt des Spektralapparates gestellt Der Apparat war mit einer konkav geschliffenen Cylinderlinse versehen, durch deren Verschiebung gegen den Spalt die Breite des Spektrums beliebig verändert werden konnte, doch bildet diese Breite des Spektrums immer nur einen kleinen Teil des Sehfeldes des Beobachtungsfernrohres am Spektroskop. Sobald nun durch den elektrischen Funken das Gas in der Röhre zum Glühen gebracht wird, verbreitet sich das erzeugte Licht, nachdem es die Cylinderlinse passiert hat, über den ganzen Spalt, und die hellen Linien desselben durchziehen das ganze Sehfeld des Fernrohres. In demselben zeigt sich aber auch als Band das Sternspektrum, und die dunklen Linien des letzteren können unmittelbar mit den hellen darüber und darunter stehenden Gaslinien verglichen werden. Nach dieser Methode haben damals Vogel und Lohse interessante Resultate erhalten.

Zahlreiche Beobachtungen gleicher Art sind in Greenwich angestellt worden, doch lieferten dieselben anfangs sehr abweichende Resultate, und erst nach und nach kam grössere Übereinstimmung zu Tage. Nichtsdestoweniger ist die Genauigkeit aller nach der bis dahin benutzten Methode erhaltenen Werte eine sehr geringe. Prof. Vogel in Potsdam versuchte deshalb, auf spektrophotographischem Wege bessere Ergebnisse zu erhalten, und der Erfolg hat gezeigt, dass diese Methode in der That die vorzüglichsten Resultate zu liefern vermag. Vor allem ist die photographische Beobachtung frei von Prädisposition, und dann hat die Unruhe der Luft nicht im entferntesten den Einfluss auf die Photographie, den sie auf Okularbeobachtungen ausübt. Aber die ersten Arbeiten von Prof. Vogel liegen weit vor dem Zeitpunkte, auf den unser gegenwärtiger Bericht zurück greifen kann. Neuerdings hat derselbe Astronom jedoch weitere Mitteilungen über seine bezüglichen Untersuchungen gemacht [1]), und diese sind es, über welche hier kurz berichtet werden soll.

Zunächst wurde ein neuer verbesserter photographischer Apparat angewandt, der sich besonders durch grössere Lichtstärke auszeichnet. „Dies gab Veranlassung, die Spektra nicht linear, wie bei den ersten Aufnahmen, sondern etwas breiter herzustellen, was sehr zum Vorteil der Bilder ausfiel und zwar liess sich dies ohne Anwendung einer Cylinderlinse dadurch erreichen, dass der Gang des Uhrwerks am Refraktor etwas geändert wurde, so dass der Stern nicht auf einem Punkte des in der Rektaszensions-

[1]) Astr. Nachrichten No. 2896—97.

Digitized by Google

richtung gelegenen Spaltes stehen blieb, sondern eine ganz langsame Bewegung auf letzterem machte. Bei einigen hellen Sternen sind auf diese Weise Spektra bis zu 1.5 *mm* Breite erhalten worden, die häufig ganz gleichmässig ohne jede Längslinie waren. Weitere Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Breite der Spektra von 0.2—0.3 *mm* die günstigste für die späteren Ausmessungen ist. Zunächst wurde mit dem Apparate eine grössere Anzahl Aufnahmen des Sonnenspektrums bei verschiedener Stellung des Kameraobjektivs angefertigt, um die richtige Einstellung für die Linie Hγ zu ermitteln. Sodann musste die Einstellung des Spaltes in den Vereinigungspunkt der blauen Strahlen (Hγ) des grossen Fernrohres ermittelt werden. Es geschah dies durch photographische Aufnahmen, und zwar ähnlich wie nach der früher von Prof. Vogel angegebenen Methode, die relative Lage der Vereinigungspunkte für verschiedene Strahlen bei einem Objektiv zu finden, durch Aufsuchung der schmalsten Stelle in dem Spektrum eines hellen Sternes, der während der Exposition möglichst genau auf einer Stelle des Spaltes gehalten wurde. Eine derartige Aufnahme giebt sofort den Sinn der Verschiebung des Spaltes in der Richtung der optischen Axe des Fernrohres, eine zweite die Grösse. Zu dem Zwecke ist das Kollimatorrohr verschiebbar eingerichtet und mit Teilung versehen worden. Die so ermittelte Stellung gilt nur für eine bestimmte Temperatur, und aus vielen Versuchen ist eine Tabelle abgeleitet worden, nach welcher für jeden Temperaturgrad die Einstellung zu erfolgen hat. Die Einstellung des Kameraobjektivs ist gleichfalls mit der Temperatur zu verändern; auch hierfür wurde eine Tabelle aufgestellt. Eine Veränderung beider Einstellungen hat bei starken Temperaturschwankungen häufig an einem Abend vor jeder Sternaufnahme stattfinden müssen. Während die Einstellung des Objektivs der Kamera auf die Schärfe der Bilder von Einfluss ist, bedingt eine unrichtige Einstellung des Spaltes eine Verschiebung zwischen Sternspektrum und künstlicher Linie, die jedoch nur äusserst gering ist und bei gänzlicher Vernachlässigung der Fokaländerung durch Temperatur bei dem Refraktor nur einige Zehntel geogr. Meilen der Bewegung im Visionsradius ausmachen würde, die aber unter Berücksichtigung der Temperatur bei der verbleibenden Unsicherheit in der Ermittelung des genauen Schnittpunktes der Strahlen Hγ 0.05 Meilen keinesfalls überschreitet. Der erwähnte Einfluss einer unrichtigen Spaltstellung ist durch kurz aufeinanderfolgende Aufnahmen ein und desselben Objektes bei der richtigen und bei der um + 5 *mm* veränderten Stellung des Kollimatorrohres ermittelt worden. Es ist zur Herstellung brauchbarer Spektra unbedingt notwendig, den Spalt sehr eng zu nehmen; die Weite schwankt bei den Beobachtungen zwischen 0.02 und 0.03 *mm*, entsprechend einem Bogenwerte von 10—15 Sekunden. Die Spektra sind dann auf

Digitized by Google

60 *mm* Ausdehnung so scharf, dass eine Messung der Linien mit grosser Sicherheit ausgeführt werden kann". Prof. Vogel bemerkt übrigens, dass die direkte Beobachtung des Sonnenspektrums durch ein an Stelle der Kassette angebrachtes Okular stets mehr Detail erkennen lässt, als selbst die beste Photographie. Liniensysteme, die auf der Photographie in einen Streifen zusammenfliessen, erscheinen bei derselben Spaltstellung deutlich getrennt. Besonders auffällig ist dies bei einer Liniengruppe, an deren Ende die Hγ-Linie steht. Die Sternspektra sind zu schwach, um bei der starken Dispersion eine direkte Beobachtung zuzulassen.

Der Einfluss der Temperaturänderung während der Exposition ist ganz unwesentlich. „Bekanntlich," bemerkt Prof. Vogel, „wird der Ablenkungswinkel sowie die Dispersion der Prismen sehr stark von der Temperatur affiziert, und die Folge dieser Änderung ist eine Wanderung des Spektrums auf der Platte und eine gleichzeitige Ausdehnung oder Zusammenziehung desselben. Die Erfahrung hat nun gelehrt, dass selbst in Fällen, wo sich die äussere Temperatur während der Exposition um 2 Grad änderte, kein merkbarer Einfluss zu beobachten war. Bei stärkerer Temperaturänderung während längerer Exposition macht sich jedoch der Einfluss durch Unschärfe der Bilder kenntlich. Einige Versuche mit direkter Erwärmung des Apparates haben in sehr starkem Masse die Erscheinung gezeigt, gleichzeitig aber dargethan, dass die wohleingeschlossenen Prismen ganz ausserordentlich langsam den Änderungen der äusseren Temperatur folgen. Auf die Verschiebung der Linien eines Vergleichungsspektrums kann die Temperaturänderung keine Einwirkung ausüben, wenn die künstliche Lichtquelle während der ganzen Expositionszeit oder in Zeitabschnitten, die symmetrisch zur Mitte der Expositionszeit gelegen sind, zur Wirkung kommt". Über den Einfluss der Luftbeschaffenheit auf die Güte der Spektralphotographien sagt er ferner: „Während bei direkten astronomischen Beobachtungen hauptsächlich die Schwankungen des Sternbildes senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs die Beobachtungen erschweren, sind es bei Beobachtungen mit einem Spektralapparat mit Spalt wesentlich die Schwankungen des Vereinigungspunktes der vom Objektiv kommenden Strahlen in der Axe des Fernrohrs, welche Störungen und Unschärfe bedingen. Wenn auch der Spalt sehr eng ist, so wird doch bei starken Luftwallungen ein Teil des vom Objektiv kommenden Strahlenkegels durch den Spalt wieder eintreten können, und der Vereinigungspunkt der Strahlen wird demnach nicht mehr im Brennpunkt des Kollimatorobjektivs sich befinden. Die aus dem Kollimatorobjektiv austretenden Strahlen werden anstatt parallel divergent auf die Prismen fallen, und dies wird die Ursache von Unschärfe sein. Die senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs gelegenen Schwankungen dagegen können nur eine Bewegung des Vereinigungspunktes innerhalb

des Spaltes verursachen, und die dadurch entstehende Unschärfe wird lediglich von der Weite des Spaltes abhängen. Von sehr merkbarem Einfluss auf die Brauchbarkeit der Photographien ist jedoch die Durchsichtigkeit der Luft. Infolge eines leichten Dunstschleiers kann, besonders bei Sternen, deren Spektrum der II. Klasse angehört. die Gegend bei Hγ so stark absorbiert werden, dass wegen Schwäche des Spektrums die Photographie zur Messung untauglich wird".

Die Ausmessung der Spektralphotographien geschieht mit Hülfe eines Mikroskops unter Anwendung einer 7—35 fachen Vergrösserung. Der Tisch des Mikroskops bildet einen Schlittenapparat, auf welchem die photographischen Platten mit Klemmen festgehalten werden. Mit Hülfe einer Mikrometerschraube kann dieser Schlitten über eine Strecke von 40 *mm* fortbewegt werden. Prof. Vogel bemerkt nun über die Messungen folgendes:

„Auf den photographischen Platten bildet sich, wie ich schon früher angegeben habe, gleichzeitig mit dem Spektrum auch die Wasserstofflinie Hγ als scharfe, schwarze Linie, welche das Sternspektrum senkrecht durchsetzt. In meinem ersten Berichte hatte ich bereits hervorgehoben, dass zur Ermittelung der Differenz zwischen der künstlichen Wasserstofflinie und der Hγ-Linie im Stern die Hinzuziehung anderer Linien im Sternspektrum zur Erreichung grösserer Genauigkeit von Wert werden könnte. Diese Vermutungen haben sich nun im Laufe der Untersuchungen bestätigt, und es ist, wie ich weiter unten nachweisen werde, möglich geworden, bei einer grossen Anzahl von Sternen eine Genauigkeit in den Bewegungsbestimmungen zu erreichen, die selbst sehr hohen Anforderungen genügen muss. Es sind dies ganz besonders alle Sterne mit linienreichen Spektren Klasse II und III. Bei einigen Sternen der ersten Klasse — Sirius, Wega — sind neben den breiten Wasserstofflinien noch äusserst zarte Linien zu erkennen; auch bei solchen ist infolgedessen eine genauere Ermittelung der Bewegung im Visionsradius zu erreichen. Bei vielen Sternen der ersten Ksasse, bei denen die Wasserstofflinien sehr breit sind, und keine anderen Linien in der Nähe von Hγ sich befinden, ist jedoch auch mittels der spektrographischen Methode die Bestimmung der Bewegung von geringerer Sicherheit, wenngleich auch hier schon mit Bestimmtheit ausgesprochen werden kann, dass diese Methode grosse Vorteile gegenüber den direkten Beobachtungen bietet. Bei der Untersuchung von Sternen der II. und III. Spektralklasse auf Bewegung hat es sich nun als am vorteilhaftesten herausgestellt, gleichzeitig mit dem Sternspektrum ein mit dem Spektrographen aufgenommenes Sonnenspektrum im Mikroskop zu betrachten Die Photographien werden so auf dem Tisch des Mikroskops aufeinander gelegt, dass beide Spektra, Sonne und Stern, übereinander erscheinen und nur durch einen kleinen Zwischenraum

getrennt sind. Mit Leichtigkeit kann man gleichzeitig erreichen, dass die Linien des einen Spektrums sehr genau die Verlängerung derjenigen des anderen Spektrums bilden. Die Einstellung auf einen Faden des im Okular des Mikroskops befindlichen Fadensystems geschieht nun durch gleichzeitige Bewegung beider Platten durch den früher erwähnten Schlittenapparat Es werden erst gewöhnlich 4 Einstellungen auf eine Linie des Sonnenspektrums, dann ebensoviele auf die entsprechende Linie des Sternspektrums gemacht, wobei die Linien möglichst in der Nähe der $H\gamma$-Linie zu beiden Seiten derselben ausgewählt werden. Im Stern wird die $H\gamma$-Linie nur dann mit gemessen, wenn sie völlig getrennt von der künstlichen Linie erscheint; statt ihrer wird gewöhnlich nur die $H\gamma$-Linie in dem Sonnenspektrum eingestellt (6—8 mal). Durch diese Art der Messung werden unausbleibliche Verzerrungen in der empfindlichen Schicht, die bei der ausserordentlichen Kleinheit der zu messenden Grössen schon in Betracht kommen, möglichst eliminiert, und besonders ist jede Voreingenommenheit ausgeschlossen, da die Grösse der Distanz zwischen $H\gamma$ im Stern und der künstlichen Linie sich nicht unmittelbar, sondern erst durch Rechnung ergiebt“.

Prof. Vogel giebt eine detaillierte Zusammenstellung einiger von ihm und Dr Scheiner ausgeführten Messungen, um die Übereinstimmung beider zu zeigen. Hier mögen die aus allen Messungen abgeleiteten mittleren Resultate folgen. Es bedeutet in der Tabelle +, dass der Stern sich von der Sonne entfernt, —, dass er sich nähert. Die Angaben sind in geographischen Meilen.

Datum	Beobachtete Bewegung des Sterns relativ gegen die Erde	Bewegung der Erde zur Zeit der Beobachtung	Bewegung des Sterns relativ zur Sonne
	α Aurigae.		
22. Oktober 1888 . . .	+ 0.6	— 2.9	+ 3.5
24. „ . . .	+ 0.8	— 2.8	+ 3.6
25. „ . . .	+ 0.7	— 2.7	+ 3.4
28. „ . . .	+ 0.6	— 2.6	+ 3.2
9. November „ . . .	+ 1.7	— 2.0	+ 3.7
1. Dezember „ . . .	+ 2.5	— 0.6	+ 3.1
13. „ „ . . .	+ 3.4	+ 0.2	+ 3.2
2. Januar 1889 . . .	+ 4.7	+ 1.4	+ 3.3
5. Februar „ . . .	+ 7.1	+ 3.1	+ 4.0
6. März „ . . .	+ 7.5	+ 3.7	+ 3.8
	α Tauri.		
28. Oktober 1888 . . .	+ 4.3	— 2.1	+ 6.4
10. November „ . . .	+ 5.4	— 1.3	+ 6.7
4. Dezember „ . . .	+ 6.7	+ 0.4	+ 6.3
	α Ursae minoris.		
14. November 1888 . .	— 4.1	— 0.9	— 3.2
6. Dezember „ . .	— 4.1	— 0.3	— 3.8

Digitized by Google

Datum	Beobachtete Bewegung des Sterns relativ gegen die Erde	Bewegung der Erde zur Zeit der Beobachtung	Bewegung des Sterns relativ zur Sonne
	α Persei.		
5. Dezember 1888 . . .	— 0.5	+ 1.0	— 1.5
10. „ . . .	— 0.3	+ 1.3	— 1.6
	α Canis minoris		
8. Dezember 1888 . . .	— 3.8	— 2.3	— 1.5
29. „ . . .	— 3.6	— 1.0	— 1.6

„Die Vergleichung," sagt Vogel, „der hier mitgeteilten Beobachtungen mit den bisher durch direkte Messungen an Spektralapparaten erhaltenen Werten von Huggins, Seabroke, Christie, Maunder und von mir zeigen, dass die mit dem Spektrographen erhaltenen Geschwindigkeiten beträchtlich kleiner sind. Diese Wahrnehmung bezieht sich nicht nur zufällig auf die für diese Mitteilung ausgewählten Sterne, sondern wird auch durch die noch nicht zum definitiven Abschluss gebrachten Beobachtungen an etwa 20 anderen Sternen bestätigt". Schliesslich bemerkt Prof. Vogel noch, dass die Zahl der Sterne, deren Bewegung in der Gesichtslinie mit dem Refraktor des Potsdamer Observatoriums beobachtet werden kann, etwa 55 sein wird, da die Aufnahme von Spektren der Sterne 2.5 Grösse schon grosse Schwierigkeiten macht. Zur Zeit sind bereits über 100 photographische Aufnahmen von Sternspektren angefertigt worden, die sich auf etwa 30 verschiedene Sterne beziehen.

Endlich bemerkt Prof. Vogel noch folgendes: „Über die Genauigkeit, mit welcher sich die Bewegungen der 55 in die Beobachtungsliste aufgenommenen Sterne bestimmen lassen werden, kann ich vorläufig folgendes angeben. Etwa 15 Sterne werden sich mit der Genauigkeit bestimmen lassen, die bei den oben mitgeteilten Beobachtungen an Capella erreicht wurde. Bei 20 bis 25 Sternen wird sich die Geschwindigkeit bis auf etwa 1 Meile genau, bei den übrigen mit noch etwas geringerer Genauigkeit ermitteln lassen".

Fixsternparallaxen. Beobachtungen behufs Bestimmung von Fixsternparallaxen sind auf der Sternwarte zu Leiden von J. C. Kapteyn angestellt worden[1]) in den Jahren 1885—1887. Diese Untersuchungen beziehen sich auf 15 Sterne, hauptsächlich aus dem Argelanderschen Katalog von Fixsternen mit rascher Eigenbewegung. Vier derselben wurden bereits früher auf ihre Parallaxe untersucht. Das nachstehende Verzeichnis enthält die in Leiden gewonnenen Ergebnisse. Die früher erhaltenen Parallaxen sind in Klammern beigefügt.

---

[1]) Astr. Nachr. No. 2935.

Digitized by Google

Stern	Eigenbewegung	Parallaxe	
B. B. VII. 81	1.69"	+ 0.087"	
ϑ Urs. Maj.	1.11	+ 0.046	
B. B VII. 85	0.79	+ 0.072	
20 Leon. Min.	0.69	+ 0.071	
B. B. VII. 89	1.43	+ 0.177	(+ 0.33")
„ „ 94	0.89	+ 0.109	
„ „ 95	0.27	+ 0.025	
Lal 20670	0.30	— 0.006	
B B. VII 104	4.75	+ 0.434	(+ 0.50")
„ „ 105	4.40	+ 0.167	(+ 0 26")
„ „ 110	0.64	+ 0.047	
„ „ 111	0.67	+ 0.018	
„ „ 112	7.05	+ 0.161	(+ 0.11")
„ „ 114	0.69	— 0.039	
„ „ 119	0.33	+ 0.067	

Im allgemeinen ist es um die Parallaxenbestimmung der Fixsterne gegenwärtig noch nicht gut bestellt. Die Kleinheit der zu messenden Grössen gestattet den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern einen überwiegenden Einfluss, und infolge dessen sind die Ergebnisse, welche von verschiedenen Seiten bezüglich identischer Sterne erhalten wurden, meist sehr von einander abweichend. Überhaupt ist das Kapitel der Fixsternparallaxe in den astronomischen Handbüchern kein kurzes. Die Aufgabe, das ganze zur Zeit vorliegende Material unter Zurückgreifen auf die Quellen zu sichten und systematisch zusammenzustellen, ist deshalb eine sehr dankenswerte, aber freilich auch recht mühevolle.

Dieser Arbeit hat sich Prof. Oudemans unterzogen [1]). Er giebt alles erforderliche Detail gleichzeitig mit den Quellen und führt die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Parallaxen sämtlich einzeln auf. Dadurch wird offenbar ein viel begründeteres Urteil über den Grad des Vertrauens gewonnen als durch die Angabe der sogenannten wahrscheinlichen Fehler.

Sieht man diese langen Tabellen an, so kann man sich nicht verhehlen, dass unser Wissen von den Fixsternparallaxen noch äusserst beschränkt, ja weit geringer ist, als man gewöhnlich glaubt. Das Sicherste scheint noch zu sein, dass es keine Fixsternparallaxe unter den bisher untersuchten Sternen giebt, welche die Grösse von 1 Bogensekunde erreicht. Um den Grad der Unsicherheit oder vielmehr Ungewissheit zu charakterisieren, welcher die bisherigen Bestimmungen von Fixsternparallaxen beherrscht, mögen einige der von Oudemans zusammengestellten Resultate hier Platz finden:

μ Cassiopejae, 5. Gr. Struve findet die jährliche Parallaxe aus den Distanzen = 0.251", aus den Positionswinkeln = 0.425", im Mittel = 0.342", mit einem wahrscheinlichen Fehler von + 0.052". Schweizer dagegen findet π = 0.082", Pritchard aus Distanzmessungen an photographischen Aufnahmen: π = 0.021"

[1]) Astr. Nachr., Nr. 2915—16

Digitized by Google

und $\pi = 0.050$. Nach diesen letzteren Bestimmungen würde der Stern fast zehnmal weiter von uns entfernt sein als nach Otto Struve's Messungen. Kann hiernach jemand behaupten, dass wir über die wahre Entfernung von μ Cassiopejae heute etwas ziffermässiges wissen? Diese Frage wird man wohl schwerlich mit Ja beantworten wollen.

Polarstern. Für diesen liegen 10 Bestimmungen der jährlichen Parallaxe vor. Die sichersten derselben schwanken zwischen 0.025″ und 0.099″.

Sirius. Henderson fand aus Kulminationshöhen eine absolute Parallaxe $\pi = 0.34''$, Maclear 4 Jahre später auf demselben Wege $\pi = 0.193''$; Gill und Elkin erhielten dagegen relative Parallaxen von 0.37″ und 0.407″, während man hätte erwarten sollen, dass die relativen Parallaxen kleiner ausfallen würden als die absolute. Immerhin ist jedoch in diesem Falle wenigstens so viel sicher, dass die Parallaxe des Sirius $^1/_2$″ nicht erreicht.

Procyon. Für diesen Stern liegen sieben verschiedene Bestimmungen vor, die ziemlich gut miteinander übereinstimmen und im Mittel etwa $\pi = 0.27''$ ergeben.

α im Centauren. Dieser Stern ist wohl der unserer Sonne am nächsten befindliche Fixstern, und Oudemans führt 39 Bestimmungen seiner Parallaxe auf. Unter diesen schwanken die zuverlässigsten Mittelwerte für die absolute Parallaxe zwischen $\pi = 1.13''$ und $\pi = 0.501''$.

Schliesslich giebt Oudemans eine tabellarische Zusammenstellung der jährlichen Parallaxen nach ihren wahrscheinlichsten Werten und geordnet nach den Eigenbewegungen der betreffenden Sterne. Folgendes ist die Tabelle:

Jährliche Parallaxe, nach den eigenen Bewegungen geordnet.

Stern	Grösse	Eigene Bewegung	Jährliche Parallaxe	Distanz in Lichtjahren
		″	″	
Groombr. 1830	6.5	7.05	0.07[1])	47[1])
Lal. 9352	7.5	6.96	0.28	12
61 Cygni	5.1	5.16	0.40	8
Lal. 21185	6.9	4.75	0.50	6.5
ϵ Indi	5.2	4.60	0.20	16
Lal. 21258	8.5	4.40	0.26	12.5
o^2 Eridani	4.5	4.05	0.19	17
μ Cassiop. ($O\Sigma$)	5.2	3.75	0.34	10
" (Pritch.)	5.2	3.75	0.04	82
α Centauri	0.7	3.67	0.75	4
Mittel der Gruppe		4.93	0.32	10

[1]) Das Produkt der beiden in diesen Kolumnen nebeneinander stehenden Zahlen ist konstant und = der Aberr.-Konst.: $2\pi = 3.261$.

Digitized by Google

Stern	Grösse	Eigene Bewegung	Jährliche Parallaxe	Distanz in Lichtjahren
		"	"	
AOe 11677	9.0	3.04	0.26	12.5
e Eridani	4.4	3.03	0.14	24
Groombr. 34	7.9	2.80	0.29	11
Σ 2398	8.2	2.40	0.35	9
Arcturus	0.0	2.28	0.02	163
B A C. 8083	5.5	2.09	0.07	47
ζ Tucani	4.1	2.05	0.06	54
σ Draconis	4.7	1.84	0.25	13
Groombr. 1618	6.5	1.43	0.32	10
Mittel der Gruppe		2.33	0.20	16
Sirius	—1.4	1.31	0.39	8
85 Pegasi	5.8	1.29	0.05	65
AOe. 17415—6	9	1.27	0.25	13
Procyon	0.5	1.25	0.27	12
η Cassiopejae	3.6	1.20	0.15	22
70 (p) Ophiuchi	4.1	1.13	0.15	22
α Aquilae	1.0	0.65	0.20	16
6 (Bode) Cygni (Ball)	6.6	0.64	0.48	7
„ „ (A. Hall)	6.6	6.64	—0.02	—
β Geminorum	1.1	0.65	0.07	47
Mittel der Gruppe		1.00	0.20	16
β Cassiopejae	2.4	0.55	0.16	20
10 Ursae Majoris	4.2	0.51	0.20	16
ι Ursae Majoris	3.2	0.50	0.13	25
α Aurigae	0.2	0.43	0.11	30
Σ 1516	7	0.42	0.28	11
α Lyrae	0.1	0.36	0.16	20
α Leonis	1.4	0.27	0.09	36
α Geminorum	1.6	0.21	0.20	16
α Tauri (*OΣ*)	1.0	0.19	0.52	6
„ (Elkin)	1.0	0.19	0.12	27
Mittel der Gruppe		0.38	0.18	18
ν¹ Draconis	4.9	0.16	0.32	10
ν² „	4.8	0.16	0.28	11
η Herculis	3.7	0.08	0.40	8
α Cassiopejae	2.25	0.05	0.07	47
α Ursae minoris	1.15	0.045	0.07	47
π Herculis	3.4	0.04	0.00	—
α Herculis	3.2	0.04	0.06	54
γ Draconis	2.35	0.03	0.09	36
γ Cassiopejae	2.3	0.02	0.01	326
α Argûs	0.4	0.00	0.03	109
Mittel der Gruppe		0.05	0.16	20

Doppelsterne. Die Beobachtung der Doppelsterne erfreut sich, nachdem Burnham durch seine Schlag auf Schlag erfolgenden Entdeckungen sehr enger Doppelsterne diesem Teil der beobachtenden Astronomie wieder neues Leben eingeflösst hat, grosser Beliebtheit bei den mit mächtigen Refraktoren ausgestatteten Sternwarten. Besonders ist auch die neue Lick Sternwarte mit

Digitized by Google

ihrem Riesenrefraktor auf diesem Gebiete thätig, was nicht wunder nehmen kann, da das grosse Instrument für Doppelsternbeobachtungen zur Verfügung von Burnham steht. Bereits hat letzterer abermals Verzeichnisse der von ihm neu entdeckten Doppelsterne veröffentlicht [1]), womit die Zahl aller von ihm aufgefundenen Doppelsterne auf 1154 gestiegen ist

Doppelsterne, auf spektroskopischem Wege entdeckt. Mit Hülfe der spektroskopischen Methode ist auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam der Veränderliche Algol als sehr enger Doppelstern erkannt worden. Prof. Vogel berichtet darüber folgendes [2]):

„Die im Jahre 1873 von mir angestellten Versuche, durch direkte spektroskopische Beobachtungen Bewegung am Algol wahrzunehmen [3]), hatten nur zu dem Resultate geführt, dass Algol keine auffallend grosse Bewegung haben könne Auch die später in Greenwich gemachten Beobachtungen haben bisher kein Ergebnis geliefert, aus welchem eine Bewegung des Algol abgeleitet werden könnte.

Im Winter 1889—90 sind hier drei Aufnahmen des Spektrums von Algol gelungen, aus denen schon unzweifelhaft so viel hervoging, dass Algol vor einem Minimum sich von der Sonne entfernt, nach dem Minimum derselben sich nähert, wie das der Fall sein muss, wenn ein dunkler Körper sich vor Algol schiebt oder vielmehr letzterer hinter jenen. Drei neue Aufnahmen im November 1889 von Dr. Scheiner und mir, die ganz besonders gut gelungen sind, lieferten ein vollkommen übereinstimmendes Resultat. Die bis jetzt an den Platten von uns ausgeführten Messungen über die Lage der künstlichen Linie und der $H\gamma$-Linie im Stern ergaben als Mittel der auf die Quadratur reduzierten Bewegungen:

vor dem Minimum + 5.3 geogr. Meilen
nach dem Minimum — 6.2 „ „

wonach einstweilen die Translationbewegung des Systems in der Gesichtslinie zu — 0.5 Meilen und die Bahnbewegung des sichtbaren Sterns zu 5.7 Meilen anzunehmen ist

Ich bemerke, dass die Resultate als vorläufige zu betrachten sind und dass dieselben bei Wiederholung der Messungen voraussichtlich einige Abänderungen erfahren werden. Die spektrographischen Beobachtungen am Algol sollen hiermit durchaus nicht abgeschlossen sein; im Gegenteil hoffe ich, im Laufe der Zeit durch Fortsetzung derselben dem Resultate einen grössern Grad von Sicherheit geben zu können.

Darüber, dass sich aus der Verschiebung von Linien in einem Sternspektrum gegen die künstliche Wasserstofflinie eine Bewegung des Sterns in der Gesichtslinie ableiten lässt, kann nach unseren

---

[1]) Astr. Nachr. No. 2875 und 2929—30.
[2]) Astr. Nachr. No. 2947. [3]) Berichte der Kgl Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften vom 12. Dezember 1873.

Digitized by Google

früheren Beobachtungen an Capella[1]), bei welchen die Erdbewegung sich so deutlich dokumentiert hat, wohl kein Zweifel mehr erhoben werden; aber auch hier, wo es sich lediglich um den Nachweis einer Nichtkoinzidenz der künstlichen Linie und der im Stern stark verbreiterten Wasserstofflinie handelt — denn in dem verhältnismässig sehr schwachen Sternspektrum sind in der Nähe der $H\gamma$-Linie keine anderen Linien wahrzunehmen —, bleibt kein Zweifel mehr übrig, da in der verbreiterten Linie des Sterns ein Intensitätsmaximum deutlich ausgesprochen ist, und dasselbe infolge der starken Verschiebung bei den einen Beobachtungen auf einer, bei den anderen auf der anderen Seite der künstlichen Linie liegt. Eine überhaupt bisher noch nicht beobachtete Asymmetrie bei den verbreiterten Linien ist auch in diesem Falle ausgeschlossen Hiermit ist also der Nachweis geliefert, dass Algol sich in einer mit der Periode in einfachem Zusammenhange stehenden Bewegung befindet, und dies führt notwendig zur Annahme eines binären Systems, in welchem dem zweiten Körper eine Masse von derselben Ordnung beizulegen ist.

Die so lange als wahrscheinlich hingestellte Hypothese, dass der Lichtwechsel des Algol zu erklären sei aus starken, sonnenfleckenartigen Ablagerungen vorzugsweise auf der einen Seite des Körpers, die eigentlich schon nach Feststellung der Natur des Spektrums (Klasse Ia) und nach den Untersuchungen in dem letzten Jahrzehnt, die dargethan haben, dass die Sterne vom ersten Typus als im höchsten Glühzustande befindlich betrachtet werden müssen, bei welchen an ein Abkühlungsprodukt an der Oberfläche gar nicht zu denken ist, hinfällig geworden war, ist nun in keiner Weise mehr haltbar, da die durch Rotation eines derartigen Körpers entstehende Verschiebung der Spektrallinien sich nicht in solchem Zusammenhange mit der Periode zeigen kann, wie dies die Beobachtungen ergeben haben. Auch die Annahme einer wesentlichen Abweichung eines Körpers von der Kugelform vermag die gemachten Beobachtungen nicht zu erklären.

Mit der Bewegung von 5.7 Meilen, der aus dem Lichtwechsel sich ergebenden Umlaufszeit und der Helligkeit zur Zeit des Maximums und Minimums erhält man als erste Annäherung unter Annahme einer Kreisbahn etwa folgende Anordnung des Systems:

Durchmesser des Hauptsterns . .	=	230000 Meilen
Durchmesser des Begleiters . . .	=	180000 Meilen
Entfernung der Mittelpunkte . .	=	700000 Meilen
Bahngeschwindigkeit des Begleiters	=	12.0 Meilen

Massen der beiden Körper = $^4/_9$ und $^2/_9$ der Sonnenmasse Hierbei ist noch vorausgesetzt, dass die Körper gleiche Dichtigkeit haben, sich ihre Massen also direkt wie die Volume verhalten Zur Berechnung der Durchmesser ist nicht die aus der

[1]) Astr. Nachr. No. 2869.

Lichtkurve unsicher zu bestimmende äusserste Grenze der Dauer der Verfinsterung zu Grunde gelegt, sondern es sind die Punkte der Kurve genommen worden, an welchen die Krümmung eine merklichere zu werden beginnt. Die Zwischenzeit für diese Punkte ist 6^h 30^m. Jedenfalls hat man sich die Körper mit mächtigen Atmosphären umgeben zu denken, von denen diejenige des Hauptsterns eine grosse Leuchtkraft besitzt, die des mehr abgekühlten Begleiters eine starke Absorptionsfähigkeit Die kaum merkliche Biegung der Lichtkurve zu Anfang und zu Ende lässt sich recht wohl durch die Überdeckung der Atmosphären erklären, und mit der äussersten bisher aus der Lichtkurve abgeleiteten Dauer der Verfinsterung von 9^h 45^m — die Scheinerschen Untersuchungen über den Lichtwechsel des Algol nach den Beobachtungen Schönfelds sind zu Grunde gelegt — ergeben sich für die Atmosphären Höhen von 54000, bezw. 42000 Meilen. Der geringste Abstand der Atmosphären beider Körper würde demnach 400000 Meilen sein. Ich bemerke noch, dass der Betrag der Lichtabnahme, der nach obiger Annahme auf die Atmosphären gerechnet ist, nur 0.1 Grössenklasse erreicht."

„Wenngleich alle diese Betrachtungen auf den ersten Blick zu durchaus plausiblen Werten führen, so trifft man bei weiterer Überlegung doch auf grosse Bedenken, da auch nur angenähert analoge Verhältnisse bisher nicht bekannt sind. Indessen haben vorläufige, von anderer Seite und hier ausgeführte Rechnungen dargethan, dass die bei der grossen Nähe der Körper auftretenden Abweichungen von der Kugelgestalt zu gering sind, um einen Einfluss auf die Lichtkurve auszuüben und dass aus demselben Grunde ein solches System als stabil zu betrachten ist

Auch vom Standpunkte des Astrophysikers aus stellen sich Schwierigkeiten in den Weg. Es ist nicht leicht, sich zwei in so grosser Nähe befindliche Körper von nahezu derselben Grösse zu denken, von denen sich der eine in höchster Glühhitze, der andere im Stadium starker Abkühlung befindet Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass die Annahme, der Begleiter sei dunkel, durchaus nicht erforderlich ist; er kann im Gegenteil sich noch im Glühzustande befinden und selbst leuchtend sein, wenn nur sein Glanz relativ zu dem des Hauptsterns gering und etwa unter $^1/_{80}$ gelegen ist. Im anderen Falle müsste sich der Umlauf um den Hauptstern in der Lichtkurve, die infolge der sehr zahlreichen photometrischen Beobachtungen über den Lichtwechsel des Algol schon grosse Genauigkeit besitzt, ergeben haben. — Vielleicht gelingt es noch, durch fortgesetzte und verfeinerte photometrische Beobachtungen eine weitere Stütze für die Annahme eines binären Systems zu gewinnen. Unter denselben Voraussetzungen ist es denn auch erklärlich, dass zur Zeit des Minimums das Spektrum des Algol unverändert bleibt Was den Lichtwechsel zur Zeit des Minimums betrifft, so haben hier ausgeführte

Digitized by Google

Rechnungen den Beweis geliefert, dass die Kurve überraschend gut dargestellt wird durch den Vorübergang eines dunklen oder relativ wenig leuchtenden Körpers vor einem leuchtenden. Nur zu Anfang und zu Ende der Kurve sollte die Abnahme, bezw. Zunahme des Lichtes etwas schneller erfolgen, als die Beobachtungen ergeben haben; durch Annahme ausgedehnter Atmosphären um die Körper lassen sich jedoch diese Abweichungen beseitigen. Die Erklärung der geringen Asymmetrie gegen den Minimalpunkt bietet auch keine Schwierigkeiten".

Auf der Sternwarte zu Cambrige (N-A.) wurden fast gleichzeitig ähnliche photographische Aufnahmen der Sternspektra ausgeführt, und sie leiteten zu einer analogen Entdeckung, wonach der Hauptstern von ζ im grossen Bären ebenfalls eine Umlaufszeit von nur wenigen Tagen um einen benachbarten Schwerpunkt besitzt [1]). Nach dem Berichte von Prof. Pickering erwies die Linie K im Spektrum dieses Sternes sich zeitweise als Doppellinie. Das photographierte Spektrum zeigte dies am 29. Mai 1887, am 17. Mai, 27. und 28. August 1889. Zu anderer Zeit zeigte sich die Linie verwaschen, als wenn die Komponenten eben getrennt wären, während sie wieder zu anderen Zeiten einfach und scharf begrenzt ist Eine Untersuchung ergab, dass die Linie in Zwischenze ten von etwa 52 Tagen, beginnend mit dem 27. Mai 1887, doppelt ist und mehrere Tage vor und nach diesen Epochen verwaschen erscheint. Die Verdoppelung der Linie wurde hiernach für den 18. Oktober 1889 vorausberechnet, aber nur zum Teil verifiziert, denn sie erschien bloss deutlich verwaschen auf mehreren Platten, aber nicht deutlich doppelt. Darauf wurde als Epoche einer neuen Verdoppelung der 9. Dezember 1889 und 30. Januar 1890 berechnet, und in der That erschien am 8. Dezember die Linie auf jeder von drei Photographien deutlich doppelt Die Wasserstofflinien im Spektrum desselben Sterns sind so breit, dass es schwierig bleibt, zu entscheiden, ob sie auch sich verdoppeln, es scheint indessen, dass sie zu Zeiten, wenn K doppelt ist, breiter sind als sonst Die übrigen Linien im Spektrum sind sehr schwach, sie können gut gesehen werden, wenn K scharf ist, aber nur schwierig, wenn diese letztere Linie verwaschen erscheint. Mehrere darunter sind sicherlich doppelt zur Zeit, wenn K doppelt ist. Messungen auf den Platten geben eine durchschnittliche Trennung von 0.246 Milliontel Millimetern für eine Linie, deren Wellenlänge 448.1, während die Trennung der K-Linie, deren Wellenlänge 393.7 Milliontel Millimeter beträgt, 0.199 ist. Die einzige genügende Erklärung dieser Erscheinung besteht nach Professor Pickering in der Annahme, dass der hellere Komponent des Doppelsterns ζ ursae selbst ein äusserst enger Doppelstern ist, den unsere Fernrohre nicht mehr trennen können, und dass

[1]) Americ. Journ. Sc. Januar 1890, p. 49.

die Umlaufsdauer des Fixsterns 104 Tage beträgt. Wenn einer der beiden Komponenten sich bei diesem Umlauf der Erde nähert, werden alle Linien seines Spektrums gegen das blaue Ende hin verschoben, während sie dagegen im Spektrum des zweiten Sterns eine Verschiebung gegen Rot erleiden. Dadurch wird jede Linie, die sonst einfach erscheint, verdoppelt. Wenn die Bewegung der beiden Sterne senkrecht zur Gesichtslinie ist, entspricht die Lage sämtlicher Linien ihrer beiden übereinander fallenden Spektren, der wahren Wellenlänge, und sie erscheinen einfach. Die obigen Messungen gestatten sogar eine Vorstellung der wirklichen Dimensionen des Systems. Die relative Geschwindigkeit der Lichtwellen entsprechend der K-Linie ist 0.199 dividiert durch ihre Wellenlänge 393.7 und multipliziert mit der Geschwindigkeit des Lichts von 186000 engl Meilen, also gleich 94 engl Meilen in der Sekunde. Eine ähnliche Berechnung für die Linie, deren Wellenlänge 448.1 beträgt, ergiebt 102 engl Meilen in der Sekunde. Da die Platten natürlich nicht genau im Moment der grössten Geschwindigkeit exponiert wurden, so sind die wahren Werte noch etwas grösser. Man kann einstweilen die in Rede stehende Geschwindigkeit zu 100 engl Meilen in der Sekunde annehmen. Ist nun die Bahn kreisförmig, und geht ihre Ebene verlängert durch die Sonne, so wird der Weg, den der Begleiter zurücklegt, wenn man den anderen Stern als ruhend annimmt, 900 Millionen engl. Meilen betragen und die Distanz beider Sterne 143 Millionen engl Meilen, nahe so gross als die Entfernung des Mars von der Sonne. Die Gesamtmasse beider Sterne muss etwa 40 mal so gross sein, als die Sonnenmasse, um der oben angegebenen Umlaufszeit zu entsprechen. Wenn die wahre Bahn gegen die Gesichtslinie zur Erde geneigt ist, so werden die angegebenen Dimensionen und Massen grösser.

In einem späteren Zusatze zu seiner Abhandlung teilt Professor Pickering mit, dass noch zwei andere Sterne gefunden worden sind, welche eine ähnliche Periodizität in der Verdopplung der Spektrallinien zeigen, nämlich β Aurigae und b Ophiuchi.

Bahnelemente sehr enger Doppelsterne. Unter den Doppelsternen sind hauptsächlich diejenigen von 1″ Distanz und darunter von Interesse, weil man bei diesen am ehesten auf eine physische Verbindung der Komponenten und auf verhältnismässig rasche Positionsänderung rechnen kann. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, hat Otto Struve gleich nach Aufstellung des grossen 14 zolligen Refraktors zu Pulkowa, vor nunmehr 50 Jahren, die Beobachtung der engen Doppelsterne zum Gegenstande seiner besonderen Thätigkeit gemacht. Im ganzen sind bis zum Jahre 1888 7 Bahnen von engen Doppelsternen des Pulkowaer Katalogs bestimmt worden. Prof S. v. Glasenapp hat nunmehr auch für eine Anzahl anderer Pulkowaer Doppelsterne Bahnbestimmungen ausgeführt. Hier folgt eine Zusammen-

Digitized by Google

stellung aller früheren und der neuen Bahnbestimmungen des Prof. von Glasenapp in einer Tabelle. In derselben bezeichnet U die Umlaufszeit des Begleiters in Jahren, *T* die Zeit des Perihels, Ω die Länge des Knotens, i die Neigung der Bahn, $\pi - \Omega$ Perihel vom Knoten, e die Exzentrizität, a die halbe grosse Axe der Bahn in Bogensekunden, n^0 die mittlere jährliche Winkelbewegung des Begleiters in seiner Bahn.

No.	Stern	U	T	Ω °	i °	$\pi - \Omega$ °	e	a ″	n °	Berechner.
1	O. Σ. 535 δ Equulei	11.5	1892.0	24.1	81.8	26.6	0.201	0.41	—31.36	Wroublewski.
2	„ 234	63.5	1881.2	124.2	47.3	72.0	0.363	0.34	+ 5.67	Gore.
3	„ 298	70.3	1882.2	12.3	50.6	346.2	0.510	0.83	+ 5.12	Pr. Dolgoroukoff.
4	„ 149	85.9	1915.1	141.2	31.1	347.3	0.460	0.55	— 4.19	Glasenapp.
5	„ 413 λ Cygni .	93.4	1926.9	106.3	58.8	139.1	0.602	0.51	— 3.85	Glasenapp.
6	„ 235	94.4	1839.1	99.6	54.5	134.9	0.500	0.98	+ 3.61	Doberck.
7	„ 387	110.1	1916.5	150.9	43.9	99.1	0.139	0.54	— 3.27	Glasenapp.
8	„ 208 ψ Ursae .	115.4	1877.1	105.3	58.0	72.1	0.788	0.54	+ 3.12	Casey.
9	„ 4	135.2	1967.9	16.6	61.0	184.1	0.506	0.53	— 2.66	Glasenapp.
10	„ 20 66 Piscium	136.2	1901.7	103.7	16.1	167.8	0.416	0.48	— 2.64	Glasenapp.
11	„ 400	170.4	1882.1	116.3	37.0	43.5	0.669	0.59	— 2.11	Gore.
12	„ 98	190.5	1959.0	99.6	45.0	302.7	0.247	1.22	— 1.89	Gore.
13	„ 489 π Cephei	198.4	1746.6	46.0	45.0	117.5	0.343	1.10	+ 1.82	Glasenapp.

Die Bewegungsverhältnisse in dem dreifachen Sternsystem ξ im Skorpion. Nachdem Professor Seeliger durch seine Untersuchungen über die Bewegungsverhältnisse in dem dreifachen Sternsystem ζ im Krebs zu sehr interessanten Ergebnissen gelangt war, lag es nahe, auch andere dreifache Sterne aus denselben Gesichtspunkten zu untersuchen. Solcher Systeme giebt es aber zur Zeit nur noch zwei, nämlich die Sterne ξ im Skorpion und **12** im Luchs. Letzteres System ist aber nicht zur Untersuchung geeignet, weil die bisherigen Stellungsveränderungen der Begleiter viel zu gering sind. Günstiger liegen die Verhältnisse bei ξ im Skorpion, und Richard Schorr hat daher dieses dreifache System zum Gegenstand einer besonderen Untersuchung gemacht, deren Hauptergebnisse hier folgen.

Das Sternsystem ξ Skorpii (Σ 1998; AR = $15^h\,56^m\,4$, D = — $10^0\,57'\,8''$, 1855.0), vielfach fälschlich ξ Librae genannt, wurde am **12** Mai **1782** von W. Herschel als dreifach erkannt, und zwar wurde an diesem Tage von demselben die gegenseitige Stellung der drei Sterne bestimmt. Die physische Zusammengehörigkeit der drei Sterne ist jedoch erst von W. Struve durch seine Beobachtung vom Jahre 1825 festgestellt worden. Derselbe bezeichnet die beiden nahe aneinander stehenden Sterne mit A und B, den entfernteren Stern mit C; die Helligkeit der drei Sterne giebt W. Struve wie folgt an:

$$A = 4^m 9;\ B = 5^m 2;\ C = 7^m 2.$$

Seit W. Struve's Beobachtung vom Jahre 1825 hat der Stern B um den Stern A bis jetzt einen Bogen von ungefähr

Digitized by Google

200° bei einer Distanz von 0.4″ bis 1.4″ beschrieben, während der Stern C in dieser Zeit um die Mitte von A und B nur einen Bogen von 12° bei einer Distanz von etwa 7″ zurückgelegt hat Die Beobachtungen der gegenseitigen Stellungen der drei Sterne verteilen sich auf den Zeitraum von 1825 an ziemlich gleichmässig; nur in der Zeit von 1850—1860 sind wegen der kleinen Distanz der Sterne A und B und der damit verbundenen schwierigen Trennbarkeit derselben nur wenige Beobachtungen der Stellung des Sterns B gegen A vorhanden. Schorr hat sich bemüht, die vorhandenen Beobachtungen ziemlich vollzählig zu erhalten, und dieselben nur aus den Originalabhandlungen entnommen. Zunächst bestimmte er nur die Bewegung des näheren Begleiters B um den Hauptstern, ohne auf die eventuelle Einwirkung des Sterns C Rücksicht zu nehmen. Die Berechnung geschah nach den von Prof Seeliger entwickelten Formeln Als wahrscheinlichste Werte der Bahnelemente fand sich:

Zeit des Periastrums 1862.324, halbe grosse Axe der Bahn: 1.3093, Knoten = 10.450°, λ = 102.628°, i = 67.644°, φ = 7.046°, mittlere jährliche Bewegung: 3.4222°, also Umlaufszeit 105.2 Jahre.

Diese Bahnelemente stellen sämtliche Beobachtungen recht gut dar, und dies lässt sofort vermuten, dass der Stern C keine bedeutende Einwirkung auf den inneren Stern B ausübt. Die genauere Untersuchung, welche Schorr in dieser Beziehung anstellt, zeigt, dass überhaupt nur ein sehr geringer Einfluss des entfernten Begleiters stattfinden kann, wenn man nicht die an und für sich nicht gerade sehr wahrscheinliche Annahme macht, jener entferntere Stern übertreffe den inneren Begleiter äusserst beträchtlich an Masse. Was die Bewegung des Sterns C anbelangt so sind für diese nur Beobachtungen vorhanden, welche sich über 60 Jahre erstrecken, während deren die Änderungen des Positionswinkels nur 12° betrugen. Es ist also nicht möglich. aus diesem kurzen Bogen eine elliptische Bahn zu berechnen, und Schorr beschränkt sich deshalb darauf, für diesen Stern Interpolationsformeln aufzustellen, welche Positionswinkel und Distanzen möglichst annähernd darstellen.

Veränderliche Sterne. Der veränderliche η Argus ist von J. M. Thome zu Cordova beobachtet worden [1]). Hiernach scheint das Minimum (7.6 Grösse) gegen Ende 1886 stattgefunden zu haben. Zur Zeit des Maximums, 1843, stand der Stern nach Maclear in seiner Helligkeit zwischen Sirius und Canopus, so dass eine Veränderung von wenigstens $8^1/_2$ Grössenklassen in 43 Jahren stattgefunden hat.

Ein neuer Veränderlicher ist nach der photographischen Aufnahme der peruanischen Expedition der Stern 10.—11. Grösse in Rektaszension 4^h 36^m und Deklination — 38° 29′. Nach

---

1) The Astron. Journal No. 196.

Mrs. Fleming war er gemäss jener Aufnahmen mindestens 7. Grösse, so dass eine Lichtveränderung von 3—4 Grössenklassen anzunehmen wäre.

Die Umgebung von Tycho's Nova in der Cassiopeja. Der berühmte tychonische Stern, welcher im November 1572 in der Cassiopeja aufleuchtete und im März 1574 wieder verschwand, hatte seinen Ort am Himmel in 0^h 18^m Rektaszension und 63° 26′ nördl. Deklination (für 1870). Im Jahre 1864 hat Prof. d'Arrest in Kopenhagen die Umgebung jenes Punktes am $10^1/_2$-zolligen Refraktor genau aufgenommen und eine Karte derselben entworfen, welche alle Sterne bis zur 16. Grössenklasse enthält. Innerhalb eines Radius von 10′ um jenen Ort kann man nach d'Arrest's Versicherung jeden in der Karte nicht verzeichneten Gegenstand, der sich am Himmel zeigen sollte, mit völliger Sicherheit als neu oder veränderlich betrachten. Eine Reproduktion dieser Karte findet sich auf Seite 446 der „Anleitung zur Durchmusterung des Himmels von Dr. Klein“.

Unlängst hat Isaak Roberts die Umgebung jenes Sterns photographisch aufgenommen. Seine Photographie erstreckt sich auf Sterne bis zur 17. Grösse und enthält 400 Sterne, während die Karte von d'Arrest nur 212 Sterne enthält. Die Photographie zeigt am Orte der Nova nichts, weder Stern, noch Nebel, dagegen fünf Sterne, welche beträchtlich ihren Ort verändert haben, einige andere, die eine Veränderung der Helligkeit anzeigen, und endlich enthält die Karte sechs Sterne, welche auf der Photographie fehlen. Das letztere ist von der grössten Wichtigkeit und verdient dringend eine genaue Untersuchung. Denn die von d'Arrest eingetragenen Sterne haben zu seiner Zeit sicherlich an den betreffenden Orten gestanden, und es kann sich nur um die Frage handeln, ob dieselben vielleicht veränderlich sind oder noch unbekannten Planeten angehören.

Ursache des Lichtwechsels der roten veränderlichen Sterne von langer Periodendauer. Im Jahre 1865 hat Klinkerfues auf die Möglichkeit hingewiesen, dass bei den roten veränderlichen Sternen von langer Periode (welche meist der III. Vogel'schen Spektralklasse angehören) der Lichtwechsel durch eine Ebbe und Flut zu erklären sei, welche bei Doppelsternen durch ihre gegenseitige Anziehung in den Atmosphären verursacht werde. Diese Hypothese, die in allgemeinen Umrissen auch schon früher ausgesprochen worden ist, hat indessen wenig Beachtung gefunden, und zwar hauptsächlich wohl deshalb, weil man die Exsitenz von so engen Doppelsternen nicht für sehr wahrscheinlich hielt. Durch die Entdeckungen von Pickering und Vogel ist aber das Vorhandensein enger Doppelsterne heute thatsächlich erwiesen, und es erscheint daher an der Zeit, die Klinkerfues'sche Hypothese einer genauen Prüfung zu unterziehen. Eine solche hat Dr. Wilsing jüngst ausgeführt[1]), indem er von der,

[1]) Astr. Nachr. No. 2960.

Digitized by Google

für die mathematische Behandlung des Problems erwünschten Vereinfachung ausging, dass die Bahn des Begleiters die Verbindungslinie zwischen Erde und Hauptstern schneidet, wodurch die Höhe der absorbierenden Atmosphäre durch seine Anziehung in den Konjunktionen vermehrt, in den Quadraturen vermindert wird. Die Grösse der gesamten Lichtänderung wird durch den Helligkeitsunterschied des Sterns in diesen Hauptepochen bestimmt. Es handelt sich nun darum, zu untersuchen, welche Annahmen über die Dimensionen der atmosphärischen Hülle und über ihr Absorptionsvermögen erforderlich sind, um in Verbindtung mit gegebenen Werten für die Massen und Entfernungen der Sterne eine Helligkeitsschwankung von bestimmtem Betrage zu erklären. Die weiteren mathematischen Entwickelungen führen unter Voraussetzung einer atmosphärischen Schicht, deren Dicke von gleicher Ordnung in Bezug auf den Halbmesser des Sterns ist, wie bei unserer Sonne, zu einem bestimmten Ergebnisse, welches Dr. Wilsing in folgenden Sätzen zusammenfasst:

„Nimmt die Oberflächentemperatur des Hauptsterns im Algolsystem durch Ausstrahlung so weit ab, dass sich derselbe dauernd mit einer atmosphärischen Schicht zu bedecken vermag, deren Dicke $^1/_{90}$ seines Halbmessers, und deren Lichtabsorption für gleiche Länge $^1/_{200}$ der Absorption in der Erdatmosphäre beträgt, so zeigt der Stern eine innerhalb 34 Stunden periodisch verlaufende Helligkeitsschwankung, deren Amplitude 1^m3 beträgt. Die mittlere Helligkeit des Sterns wird zugleich um 4^m5 erniedrigt. Nach Vorstehendem hat es keine Schwierigkeit, Helligkeitsschwankungen von mehreren Grössenklassen zu erklären, wenn man erwägt, dass die störende Kraft des Begleiters umgekehrt proportional der dritten Potenz der Entfernung beider Körper und direkt mit der Masse des Begleiters zunimmt. Gehören beide Sterne des Systems, wie dies bei gemeinsamer Entstehung und nicht zu beträchtlichem Massenunterschiede im allgemeinen anzunehmen ist, derselben Entwickelungsstufe an, so haben wir auch dieselben Erscheinungen, welche wir für den Hauptstern betrachtet haben, bei dem Begleiter in vergrössertem Massstabe vorauszusetzen. Da nun die Zeiten grössten und kleinsten Lichts beider Sterne zusammenfallen, so addieren sich ihre Wirkungen in den beobachteten Schwankungen der Gesamthelligkeit, die Amplitude der letzteren nimmt zu. Der Betrag der mittleren Helligkeitsabnahme von 4^m5, welcher in dem obigen Beispiel gefunden wurde, hat nichts Unwahrscheinliches, da nach Vogel's Beobachtungen schon in der Sonnenatmosphäre die Absorption für rotes Licht 0^m4, für violettes 1^m2 beträgt. Bei dem Einfluss der Beschaffenheit der Atmosphäre auf die scheinbare Helligkeit der Sterne braucht aber einem bedeutenden Helligkeitsunterschied zweier Sterne nicht notwendig auch eine beträchtliche Temperaturdifferenz zu entsprechen, sobald sich

Digitized by Google

nur ihre Oberflächentemperaturen in der Nähe des Punktes befinden, wo sich eine stark absorbierende Atmosphäre zu bilden vermag. Die geringe Helligkeit des Algolbegleiters findet vielleicht hierin ihre Erklärung. Ist die Deformation, welche die Atmosphäre des Sterns durch die Anziehung eines in sehr excentrischer Bahn sich bewegenden Begleiters bei seinem Periheldurchgang erleidet, von der Ordnung ihrer Höhe, so wird ein Teil der Oberfläche des Sterns freigelegt, also zunächst eine beträchtliche Aufhellung des kontinuierlichen Spektrums erfolgen. Diese Konsequenz wird durch die Beobachtungen bestätigt. Vogel sagt in seiner Abhandlung: „Über das Spektrum des neuen Sterns im Schwan“ (Berichte der Berliner Akademie 1877): „Es schien schon beim ersten Anblick das Spektrum von denen der meisten roten Sterne abzuweichen, und hat auch bei einer späteren Vergleichung mit der von dem Spektrum ausgeführten Zeichnung kein befriedigender Zusammenhang, weder mit dem so sehr verbreiteten Spektrum der Klasse III a, noch mit dem selteneren der Klasse III b gefunden werden können“. „Zur Charakterisierung des Spektrums ist noch zu erwähnen, dass Blau und Violett im Vergleich zu anderen Sternen, welche ein Bandenspektrum zeigen, sehr gut sichtbar waren, und dass jedenfalls infolge der verhältnismässig geringen allgemeinen Absorption, welche diese Teile des Spektrums erlitten, die Farbe des Sterns nur wenig von der mittleren Sternfarbe abwich. Es resultiert, dass das Spektrum des neuen Sterns ein kontinuierliches gewesen ist, von zahlreichen dunklen Linien und Streifen und mehreren hellen Linien durchzogen. Die Intensität dieses anfänglich sehr glänzenden kontinuierlichen Spektrums hat sich sehr bald verringert, so dass dasselbe 3 Monate nach der Auffindung des Sterns nur zum Teil und da nur äusserst schwach sichtbar war. Die Intensitätsabnahme hat sich nicht gleichmässig über das Spektrum erstreckt, es haben die blauen und violetten Strahlen schneller an Glanz verloren, im Vergleich zu den Strahlen mittlerer Brechbarkeit Grün und Gelb. Der rote Teil des Spektrums, der schon bei den ersten Beobachtungen sehr schwach und von breiten Absorptionsbändern durchzogen war, ist sehr bald ganz verschwunden, so dass eine helle Linie im Rot ganz isoliert zu stehen schien. Die hellen Linien übertrafen anfänglich, mit Ausnahme einer Linie im Rot, das kontinuierliche Spektrum nur wenig an Glanz und waren deshalb schwer sichtbar. Bei der ziemlich raschen Lichtabnahme des kontinuierlichen Spektrums traten dieselben jedoch besser hervor. Dieser Verlauf der Erscheinung würde sich auf die oben angedeutete Weise erklären lassen, wenn gleichzeitig mit der Beseitigung der absorbierenden atmosphärischen Hülle gewaltige Eruptionen glühender Gasmassen aus dem Innern des Sterns erfolgen, deren Ursache man gleichfalls in der Anziehung des Begleiters zu suchen hat. Unter

diesen Umständen tritt zunächst eine Aufhellung des kontinuierlichen Spektrums ein. Dasselbe ist durchzogen von Absorptionsbändern, welche von den noch bedeckten Teilen der Oberfläche des Sterns herrühren, und von hellen Linien, welche die aus dem Innern hervorbrechenden, glühenden Gasmassen liefern. Mit zunehmender Entfernung des Begleiters nach seinem Durchgang durch das Perihel wird die Oberfläche des Sterns wiederum von der Atmosphäre bedeckt, die Intensität des kontinuierlichen Spektrums nimmt rasch ab, und zwar verlieren die violetten Strahlen, wenn eine der Sonnenatmosphäre ähnliche Beschaffenheit der Hülle vorausgesetzt wird, schneller an Helligkeit, als die auch optisch wirksamsten Strahlen mittlerer Brechbarkeit. Die hellen Linien, welche von den glühenden Gasen herrühren, die sich ihrer geringen Dichtigkeit wegen über der absorbierenden Schicht befinden, treten zunächst deutlicher hervor; man erhält ein Emissionsspektrum von ähnlicher Art, wie man es häufig über Sonnenflecken zu beobachten Gelegenheit hat. Erst allmählich verschwinden die hellen Linien mit abnehmender Temperatur der Gasmassen. In gleicher Weise werden die Beobachtungen des neuen Sterns im Andromedanebel erklärt. Vogel sagt über das Spektrum des Sterns: „Das Spektrum war kontinuierlich, ohne bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Nach meinen Beobachtungen gehört das Spektrum bestimmt nicht zur Klasse III b, denn die Banden in Gelb und Blau, die ich bei den ersten Beobachtungen, wo der Stern hell war, wahrgenommen habe, waren nicht sehr breit. Die Erklärung dieser Beobachtungen bereitet Schwierigkeiten, wenn man das Hervorbrechen glühender Gasmassen als wesentliche Ursache der Erscheinung temporärer Sterne ansieht, während sie nach der oben vorgetragenen Anschauung verständlich werden, unter der Voraussetzung, dass eine Eruption überhaupt nicht stattgefunden hat, sondern die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums allein der teilweisen Beseitigung der absorbierenden Atmosphäre zuzuschreiben ist. Wenn die Klinkerfues'sche Hypothese wenig geeignet erscheint, die irregulären Lichtschwankungen mancher Veränderlichen befriedigend zu erklären, deren Ursache besser in einer periodisch auftretenden Fleckenbildung gesucht wird, so darf sie doch, nachdem das Hauptbedenken, welches ihrer Annahme entgegenstand, beseitigt ist, für die Erklärung der gesetzmässiger verlaufenden Helligkeitsschwankungen der Sterne der III. Spektralklasse die gleiche Beachtung beanspruchen, wie die Zöllner'sche sogenannte Schlackenhypothese".

Sternspektra. Die Sternspektra des I. Typus auf Grund der photographischen Aufnahmen am astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam hat Dr. J. Scheiner untersucht[1]). Derselbe bemerkt zunächst, dass durch Einführung der photographischen

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wissensch. v. 13. Febr. 1890.

Digitized by Google

Methode die Sicherheit der Untersuchung des Details der Sternspektra zugenommen habe und er deshalb eine derartige Untersuchung für die sämtlichen dort erhaltenen Aufnahmen ausgeführt hätte. Schon früher[1]) hat Dr. Scheiner einige vorläufige Mitteilungen gemacht, um die ausserordentliche Überlegenheit der photographischen Methode bei stark dispergierten Sternspektren gegenüber der direkten Beobachtung klarzulegen. „Die Genauigkeit", sagt er, „der Bestimmung der Wellenlängen bei der photographischen Methode beträgt etwa das Zwanzigfache derjenigen bei direkter Beobachtung und ist ungefähr dieselbe, wie die in den letzten Jahren beim Sonnenspektrum erreichte. Gleichzeitig konnte ich zeigen, dass auch für den bisher nur wenig untersuchten Teil des Spektrums von F bis H die aus der Beobachtung des Teiles von C bis F abgeleitete Vogel'sche Klassifizierung der Sternspektra in vollem Umfange gültig ist, und dass sich zwischen den verschiedenen Spektralklassen durch passende Wahl der Objekte ein kontinuierlicher Übergang nachweisen lässt, wie er nach den physikalischen Grundlagen dieser Klassifizierung notwendig vorhanden sein muss."

In der vorliegenden Abhandlung verbreitet sich Dr. Scheiner nunmehr über die Resultate, die sich aus den Untersuchungen der Sternspektra der I. Klasse ergeben haben, und die aus direkten Beobachtungen wohl nicht hätten erhalten werden können. Er sagt:

„In den Spektren des Typus Ia erscheinen die Wasserstofflinien ausserordentlich breit und verwaschen, während die etwa vorhandenen Linien der übrigen Metalle nur sehr fein und zart angedeutet sind und in einzelnen Fällen sogar nur dadurch zur Sichtbarkeit gelangen, dass sie in Gruppen vereint auftreten. Eine Ausnahme von dieser Regel findet nur für zwei Linien statt, deren Wellenlängen ich zu 448.14 und 447.14 $\mu\mu$ bestimmen konnte. Die erste dieser Linien ist ohne Zweifel identisch mit der Linie 448.141 $\mu\mu$ im Sonnenspektrum, welche dem Magnesium zugehört, während für die andere, deren Wellenlänge nach Differenzmessungen gegen die Mg.-Linie genauer zu 447.136 $\mu\mu$ anzusetzen ist, eine entsprechende Linie im Sonnenspektrum nicht auftritt. Das eigentümliche Verhalten dieser Linien, die im Spektrum von β Orionis, ε Orionis und β Persei neben einander vorkommen, während in allen anderen von mir bisher untersuchten Sternspektren stets nur eine derselben vorhanden ist, besteht nun darin, dass, solange sie ausser den Wasserstofflinien die einzigen des Spektrums sind — in dem untersuchten Teile des Spektrums von F bis H ist ein Urteil über das Vorkommen des wahrscheinlich in diesen Sternen vorhandenen Natriums nicht möglich, da Linien dieses Metalls nur in den weniger brechbaren Teilen

[1]) Astron Nachr. Nr. 2923. 2920.

Digitized by Google

des Spektrums auftreten — ihr Aussehen sich nach demjenigen der Wasserstofflinien richtet; je mehr die letzteren breit und verwaschen erscheinen, um so mehr findet dies auch bei diesen Linien statt. Sobald aber noch andere Metalllinien auftreten, und zwar besonders, wie es scheint, diejenigen des Eisens, erscheinen auch die beiden Linien 448.14 und 447.14 $\mu\mu$ fein und scharf, genau so wie die anderen. Der Magnesiumdampf und der der Linie 447.14 $\mu\mu$ entsprechende unbekannte Stoff treten also bereits in einem frühen Übergangsstadium der Sterne in denjenigen Zustand über, wie ihn der Wasserstoff erst dann annimmt, wenn die Metalllinien zahlreich und stark werden, mit anderen Worten, wenn die Abkühlung so weit vorgeschritten ist, dass der zweite Spektraltypus erreicht wird. Die bisher noch nie beobachtete Linie 447.14 $\mu\mu$ kommt nun mit einziger Ausnahme (β Persei) unter allen von mir untersuchten Spektren nur in den Sternen der ersten Spektralklasse des Orion vor, und zwar in sämtlichen, nämlich in β, γ, δ, ε und ζ. Von Copeland ist im Spektrum des Orionnebels eine schwache Linie bei der Wellenlänge 447.6 $\mu\mu$ gefunden worden; auf eine Anfrage hin hatte Prof. Copeland die Güte, mir mitzuteilen, dass die Bestimmung der Wellenlänge dieser Linie bei der grossen Lichtschwäche derselben innerhalb der Grenzen $\pm$ 0.5 $\mu\mu$ durchaus unsicher, und dass die Linie daher wahrscheinlich mit der von mir gefundenen identisch sei. Mit der Magnesiumlinie kann sie nicht zusammenfallen, da die übrigen helleren Magnesiumlinien in Nebelspektren nicht sichtbar sind. Der durch das gemeinsame Auftreten dieser sonst augenscheinlich nur selten vorkommenden Linie dokumentierte physikalische Zusammenhang zwischen den genannten Orionsternen würde hiermit auch auf den Orionnebel auszudehnen sein. Die Entfernung des letzteren wäre danach, entgegen früheren Vorstellungen, noch viel kleiner zu schätzen, als es nach den neuesten Untersuchungen von Huggins bereits zu geschehen hätte, welche einen Zusammenhang der Sterne des Trapezes mit dem Nebel wahrscheinlich gemacht, jedenfalls nachgewiesen haben, dass in ihrer nächsten Umgebung die Nebelmaterie in verdichtetem Zustande vorhanden ist."

Bezüglich der Sternspektra der Klasse Ib sagt Dr. Scheiner:

„Diese Spektra unterscheiden sich von denjenigen der Klasse Ia wesentlich dadurch, dass die Wasserstofflinien sowohl wie die anderen Metalllinien von nahe gleicher Breite sind und eine Schärfe der Begrenzung aufweisen, wie sie der Breite der Linien nach nicht zu erwarten ist. Sie sind etwa dreimal so breit, wie die Wasserstofflinien des Typus IIa bei etwa gleicher Verwaschenheit. Es erscheint dies zunächst als ein Widerspruch gegen den Kirchhoff'schen Satz, da aus den Folgerungen desselben hervorgeht, dass eine Linienverbreiterung nur gleichzeitig mit einer Zunahme der Verwaschenheit stattfinden kann. Ich glaube

Digitized by Google

indessen, eine Erklärung hierfür gefunden zu haben, welche die Grenzen des Kirchhoff'schen Satzes nicht überschreitet."

Wir können diesen Erklärungsversuch hier übergehen, müssen jedoch hervorheben, dass Dr. Scheiner aus seiner Entwickelung folgert, dass „bei den Fixsternen vom Typus Ib verhältnismässig schwache und stark abgekühlte Atmosphären vorhanden sind, wobei leicht beide Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein können, wenn die Atmosphären sehr ausgedehnt, aber sehr wenig dicht sind." Er fährt dann fort: „Abgesehen von dem Aussehen der Linien sind die Spektren des Typus Ib auch insofern interessant, als bei ihnen sehr viele Linien auftreten, die mit solchen des Sonnenspektrums nicht mit Sicherheit zu identifizieren sind, da die Intensitätsverhältnisse völlig abweichen. Das linienreichste Spektrum dieser Art ist dasjenige von α Cygni, welches bisher stets zu Klasse Ia gerechnet wurde, in den photographischen Aufnahmen aber entschieden den Typus Ib aufweist."

Bei diesem Spektrum ist das Verhalten der Eisenlinien von besonderem Interesse, und Dr. Scheiner teilt in seiner Abhandlung die Resultate der Ausmessung von zwei Aufnahmen desselben mit. Es geht aus diesem Verzeichnis hervor, „dass im Spektrum von α Cygni zwar eine grosse Anzahl von Eisenlinien vorhanden ist, dass die Intensitäten der Eisenlinien aber keineswegs denjenigen auf der Sonne entsprechen. Eine Reihe der stärksten Eisenlinien fehlen ganz in diesem Spektrum, andere sehr starke, wie z. B. diejenigen bei 427.217, 431.556, 432.622 treten nur sehr schwach auf, während andererseits stärkere Eisenlinien des Spektrums von α Cygni mit schwachen des Sonnenspektrums zusammenfallen. Es geht hieraus hervor, dass auf α Cygni der Eisendampf in einem von den Verhältnissen auf der Sonne durchaus abweichenden Temperaturzustande vorhanden sein muss, ein Resultat, welches sich mit dem aus dem Aussehen der Linien gewonnenen vollständig deckt."

Im dritten Abschnitt seiner Abhandlung verbreitet sich Dr. Scheiner noch über eine merkwürdige Thatsache:

„Die Wasserstofflinien vieler Sterne der Klasse Ia zeigen eine Erscheinung, die bisher durchaus unbekannt gewesen ist. Dieselben sind nämlich in der Mitte keineswegs absolut dunkel, vielmehr findet daselbst noch eine merkliche Lichtwirkung statt, die unter Umständen so weit gehen kann, wie z. B. bei ζ Orionis, dass die sehr breiten und verwaschenen Linien sich kaum noch von dem kontinuierlichen Spektrum abheben. Es ist zunächst klar, dass diese Erscheinung einen Übergang zu den bisher ganz isoliert dastehenden Spektren des Typus Ic bildet, in welchem die Wasserstofflinien und D_3 hell auftreten, indem sich zwischen Typus Ic und Ia durch geeignete Wahl der Individuen dieselbe Brücke bilden lässt, wie zwischen Ia und IIa. Und gerade wie im letzteren Falle dieser Übergang erklärt ist durch eine allmähliche

Digitized by Google

Abkühlung, durch einen Prozess also, der allen Sternen gemeinsam ist, und der daher von allen eingehalten werden wird, so gilt diese Erklärung auch für den Übergang von Ic auf Ia, so dass wir zu dem Schlusse geführt werden, dass der Typus Ic dem Anfangsstadium der Sternentwickelung noch näher steht als Ia. Für die oben angedeutete Erscheinung der Aufhellung der Linien, als deren extremster Fall der Typus Ic zu betrachten ist, lassen sich zwei Erklärungen aufstellen. Die erste derselben beruht darauf, dass die Grösse des Temperaturunterschiedes zwischen Atmosphäre und derjenigen Schicht, welche durch den Glühzustand flüssiger oder fester Materie das kontinuierliche Spektrum liefert (Photosphäre), von Einfluss ist auf die Stärke der Absorption. Je geringer dieser Temperaturunterschied, um so schwächer wird die Absorption; bei gleicher Temperatur findet weder Absorption noch Emission statt, und wird die Temperatur der Atmosphäre höher als diejenige der Photosphäre, so haben wir nur noch Emission, die Linien treten hell auf. Die Annahme aber, dass die Temperatur der Atmosphäre höher sein könne, als diejenige des Kerns, widerspricht allen physikalischen Erfahrungen, und damit wird diese ganze Erklärung eine unwahrscheinliche. Die zweite Erklärung führt auf keine weiteren Schwierigkeiten; bei ihr nimmt man an, dass die betreffenden Sterne von ausgedehnten Wasserstoffatmosphären (und D_3) umgeben sind, wie dieses auch im Einklange mit der Breite der Linien steht, und dass das Emissionsspektrum des Wasserstoffs von denjenigen Teilen der Atmosphäre, die in der von uns gesehenen Projektion ausserhalb der eigentlichen Sternscheibe liegen, das Absorptionsspektrum des mittleren Teils überlagert und hierbei die sonst dunklen Linien aufhellt oder sogar bei genügender Ausdehnung der Atmosphäre überstrahlt. Das Aussehen der aufgehellten Wasserstofflinien in den untersuchten Spektren vom Typus Ia spricht direkt für die letztere Erklärung, da die Aufhellung auf einer gewissen Strecke in der Mitte der Linien nahe konstant ist, während bei der ersteren Annahme nur die Linie in ihrer ganzen Breite blässer werden, übrigens aber vom Rande bis zur Mitte eine kontinuierliche Abnahme des Lichts stattfinden müsste. Die photographischen Aufnahmen des Spektrums von γ Cassiopejae, des hervorragendsten Vertreters des Typus Ic, liefern ferner einen direkten Beweis für die Gültigkeit der zweiten Erklärung, auch für die vollständig ausgeprägte Erscheinung dieses Typus. Bei einer sehr ausgedehnten Atmosphäre muss die Dichtigkeit der äusseren Teile derselben, welche für die Emission die weitaus grösste wirksame Fläche bilden, sehr viel geringer sein, als diejenige der inneren Teile. Das Hauptquantum des Lichts in einer hellen Linie wird also von einem Gase geringerer Dichtigkeit als der mittleren geliefert, und nur ein kleiner Teil von einem Gase grösserer Dichtigkeit. Der erste Teil kann nur eine schmale Linie ver-

Digitized by Google

ursachen, der zweite eine verbreiterte; mithin ist das Intensitätsverhältnis zwischen Mitte und Rand der Linie ein ganz anderes, als bei der Absorptionslinie, bei welcher dieses Verhältnis einem Gase von der mittleren Dichtigkeit entspricht. Der Unterschied äussert sich in dem Sinne, dass die äusseren verbreiterten Teile der Linie verhältnismässig sehr schwach sind, so dass scheinbar die Emissionslinie schmäler ist als die Absorptionslinie; die letztere kann also nicht vollständig von der Emissionslinie überdeckt werden. Dem entspricht nun thatsächlich der Anblick der hellen Linie in γ Cassiopejae — andere Sterne vom Typus Ic sind dem Spektrographen nicht zugänglich. Die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums beginnt zunächst etwas abzunehmen, wie beim Anfang einer Absorptionslinie, und dann erst fängt eine Zunahme der Helligkeit bis zur Mitte der hellen Linie an. Eine Gegenwirkung ist durch den Umstand bedingt, dass die inneren dichten Schichten der Atmosphäre eine höhere Temperatur besitzen werden als die äusseren, und dass also ihr Emissionsspektrum ein helleres sein wird; indessen ist es eine bekannte Thatsache, dass die Helligkeit der äussersten Teile einer verbreiterten Linie bei Temperaturerhöhungen viel weniger zunimmt, als diejenige der mittleren, so dass also die Gegenwirkung nur eine geringe sein kann."

Ein Verzeichnis der Sterne des IV. Spektraltypus hat T. E. Espin gegeben [1]). Das Spektrum besteht aus drei hellen, durch dunkle Zwischenräume getrennten Bändern, deren hellstes im Grün liegt. Dieser Sterntypus ist verhältnismässig selten, auch übersteigt die Helligkeit der dazu gehörigen Sterne nicht die sechste Grössenklasse. Nachstehend folgt das von T. E. Espin gegebene Verzeichnis. Es giebt die Rektaszension und Deklination für **1890.0**. Die Namen der Beobachter, welche den Charakter des Spektrums nachweisen, sind wie folgt abgekürzt: Birmingham = Birm.; Secchi = Se.; d'Arrest = D'A.; Vogel = V.; Pechüle = Pe.; Pickering = Pi.; Dunér = Du.; Konkoly = K.; Espin = Es.; Schjellerup = Schj. Von den **113** aufgeführten Sternen stehen nur 29 südlich vom Himmelsäquator, so dass bei einer gleichen Verteilung dieser Sterne am ganzen Himmel nur 168 Sterne des IV. Typus vorhanden wären, bis zur 8.8 Grösse. Ist auch diese Zahl wahrscheinlich zu gering, so ergiebt sich doch immerhin, dass die Sterne dieses Typus überhaupt äusserst selten sind. In dem folgenden Verzeichnis giebt die erste Kolumne die fortlaufende Nummer an, die zweite bezeichnet den Katalog, in dem der Stern aufgeführt wird, oder den Namen des Sterns. Die mit + oder — vorgezeichneten Zahlen mit Gradangaben bezeichnen die Sternnummern in der Bonner Durchmusterung (D. M.), die dritte und vierte Kolumne geben Rektaszension und Deklination für **1890**, die fünfte enthält die Sterngrössen und die sechste Kolumne die Autorität, auf der die Angaben beruhen.

---

[1]) Monthly Notices **49.** Nr. 6. p. 364 u. ff.

No.	Schj., D. M., &c.	Rektaszension h	m	s	Deklination °	′	Mag.	Aut.
1	Schj. 3	0	14	5	+44	5.9	8.2	Du.
2	+34°.56		21	42	+34	59.7	8.1	Du.
3	+57°.165		48	22	+57	57.9	9.5	Es
4	Schj. 7	1	10	5	+25	11.3	7.0	D'A.
5	Es. 230		26	27	+57	11.2	9.8	Es.
6	+51°.575	2	19	12	+51	34.1	9.0	Es.
7	+56°.724		42	22	+56	31.5	9.4	Du.
8	+57°.647		42	51	+57	23.7	8.9	Du.
9	+57°.702	3	2	57	+57	29.1	7.9	Pi.
10	+47°.783		6	1	+47	26.5	9.0	Es
11	Schj. 27a		32	21	+62	17.5	7.0	Du.
12	+61°.667		56	18	+61	32.0	7.5	Es.
13	Schj. 41	4	39	49	+67	58.4	7.0	Se.
14	+21°.702	4	41	14	+21	57.8	9.4	Es.
15	+34°.911		41	59	+34	48.4	8.8	Es.
16	+15°.691		44	19	+15	36.4	9.4	Es.
17	Schj. 43		44	38	+28	20.3	8.1	Se.
18	+38°.955		45	6	+38	18.9	8.8	Es.
19	+22°.770		47	12	+22	35.5	9.2	Es.
20	R. Leporis		54	36	−14	58.3	var.	V.
21	+38°.1010		55	48	+38	54.6	9.5	Es.
22	Schj. 51		59	43	+ 1	1.5	6.0	Se.
23	−5°.1174	5	3	24	− 5	39.3	8.7	Du.
24	+35°.1046		11	48	+35	40.4	8.9	Es.
25	+32°.957		14	49	+32	23.7	9.3	Es
26	S. Aurigae		19	51	+34	3.2	var.	Du.
27	+7°.929		27	17	+ 7	3.8	8.2	Es.
28	+68°.398		29	7	+68	44.3	9.3	Es
29	Schj. 64		38	29	+24	22.3	8.5	Du
30	Schj 64a		39	6	+20	38.9	7.7	Du
31	Schj. 65		40	10	−46	30.2	$7^{1}/_{2}$	Pe.
32	Schj. 64c		41	3	+30	35.4	8.5	Es.
33	Schj. 72	6	4	3	+26	2.1	7.4	D'A
34	Schj. 73		6	38	+27	11.8	9.0	Du.
35	+33°.1290		10	1	+33	14.6	9.1	Es.
36	Es. 160		13	26	+47	44.6	8.7	Es.
37	+3°.1214		16	36	+ 3	28.8	9.0	Es.
38	+25°.1250		17	5	+25	4.2	9.5	Es.
39	Schj. 74		19	12	+14	46.9	6.5	D'A.
40	Es. 243		19	44	+19	9.7	9.4	Es.
41	+3°.1381		38	54	+ 3	25.7	9.3	Pi.
42	Es. 247		46	59	− 7	0.5	8.8	Es.
43	+6°.1462		52	30	+ 6	18.8	8.0	Es.
44	−3°.1685		55	31	− 3	6.0	7.7	Es.
45	Schj. 88	7	1	37	− 7	23.3	8.3	Es.
46	Schj. 89		2	55	−11	45.6	7.6	Se.
47	+14°.1594		6	13	+14	53.5	9.0	Es.
48	+48°.1504		9	57	+48	42.0	9.0	Es.
49	+25°.1641		13	55	+25	11.6	9.0	Es.
50	−3°.1886		19	24	− 4	0.9	8.7	Es.
51	−2°.2101		19	47	− 2	54.5	9.0	Es.
52	+24°.1686		25	14	+24	44.8	8.2	Es.
53	+2°.1715		30	23	+ 2	19.0	9.3	Es.
54	+5°.1797		42	55	+ 5	41.9	9.0	Es.
55	−13°.2247		44	35	−13	49.2	7.2	K.
56	Schj. 103		53	15	−49	41.2	8	Pe.
57	Pi. 26		57	1	−12	46.6	var.	Pi.

Digitized by Google

No.	Schj., D. M., &c.	Rektaszension h	m	s	Deklination °	′	Mag.	Aut.
58	Schj. 115	8	49	11	+17	28.5	6 5	D'A.
59	50 T Cancri		50	23	+20	16.2	var.	Es.
60	+11°.1954		72	17	+11	15.5	var.	Es.
61	Schj. 124	9	45	59	—22	30.2	7.3	Pe.
62	Schj. 125		50	56	—41	3.9	7¹/₂	Pe.
63	Schj. 126		56	23	—59	41.4	7³/₄	Pe.
64	Schj. 128	10	7	4	—34	46.7	7¹/₄	Pe.
65	Schj. 130		30	20	—38	59.6	5.9	Pi.
66	U Hydrae		32	7	—12	48.8	var.	Se.
67	+68°.617		37	25	+67	59.1	6.2	Du.
68	Schj. 136		46	17	—20	40.0	6.8	Se.
69	Schj. 145	12	19	37	+ 1	22.8	8.1	D'A.
70	Schj. 152		39	57	+46	2.5	5.5	Se.
71	Schj. 155b		52	6	+66	35.4	7.3	D'A.
72	—2°.3638	13	4	3	— 2	47.9	8 3	K.
73	V Coronae	15	45	36	+39	54.2	var.	Du.
74	V Ophiuchi	16	20	36	—12	10.6	var.	Du.
75	Schj. 202	17	23	14	—19	28.0	7.8	Du.
76	Schj. 205		38	29	—18	36.5	8.5	Du.
77	+4°.3779	18	25	6	+ 4	18.6	9.5	Es.
78	+36°.3168		28	32	+36	54.9	8.5	Du.
79	—7°.4633		31	7	— 7	41.4	9.0	Es.
80	+36°.3243		39	1	+36	51.3	7.5	Du
81	Schj. 219		43	57	— 8	1.8	7.1	Du.
82	Schj. 221		51	56	+ 0	18.6	9.2	Es
83	Schj. 222		53	30	+14	12.9	9.0	Du.
84	Schj. 222c		58	32	— 5	50.8	7.0	V.
85	—16°.5272	19	12	51	—16	6.4	6.8	Es.
86	Schj. 229		25	28	+76	20.4	6.5	Se.
87	+45°.2906		25	31	+45	49.1	8.6	Es.
88	Schj. 228		28	1	—16	36.7	7.2	Se
89	+32°.3522		36	44	+32	22.8	8.0	Du.
90	+43°.3425		53	40	+42	57.9	8.2	Du.
91	+27°.3612	20	0	14	+20	20.2	7.8	Es.
92	+47°.3031		6	7	+47	31.5	9.3	Du.
93	+35°.4002		6	14	+35	37.6	9.5	Pi.
94	Pi. 38		6	57	+45	47.1	var. (?)	Pi
95	+38°.3957		9	25	+38	23.8	8.7	Du
96	V Capricorni		10	40	—21	38.3	var.	Se.
97	+37°.3876		14	28	+37	6.9	9.	Es.
98	U Cygni		16	11	+47	32.8	var.	Du.
99	+36°.4028		17	12	+36	33.2	9.5	Es.
100	+37°.3903		17	24	+37	10.4	9.4	Es.
101	+39°.4208		24	50	+39	36.7	9.2	Es.
102	V Cygni		37	37	+47	44.9	var.	V.
103	Es. 287		41	19	+44	27.7	8.5	Es.
104	+45°.3271		43	7	+45	38.9	8.8	Es.
105	Schj. 248b	21	18	16	+41	55.6	9.5	Du.
106	S Cephei		36	35	+78	7.7	var.	Du.
107	Schj. 249a		37	23	+35	0.5	6.2	D'A.
108	Schj. 251		38	43	+37	30.8	7.8	Se.
109	Schj. 257		51	8	+49	58.6	9.1	Du.
110	+54°.2865	22	44	11	+54	31.7	8.5	Es.
111	+58°.2586	23	18	56	+58	34.6	9.0	Es.
112	19 Piscium		40	46	+ 2	52.6	var.	Se.
113	+42°.4824		58	43	+42	59.6	8.6	Es.

Digitized by Google

T. E. Espin setzt seine sorgfältigen Untersuchungen der Sternspektren fort. R. Andromedae, dessen Spektrum zum III. Typus gehört, zeigte am 25. September 1889, als der Stern 6.5 Grösse war, die Linie F sehr glänzend, ebenso wurde eine andere helle Linie (wahrscheinlich D_3), in dem Spektrum dieses Sterns gesehen. Am 17. Oktober, als der Stern etwa 7.8 Grösse war, blieb F noch eben sichtbar, überhaupt war die Veränderung in der Helligkeit dieser Linie bedeutender, als die Variationen in der Helligkeit des Sterns. Bei R Cygni erschien zur Zeit des Maximums die F-Linie sehr glänzend, später erheblich schwächer. R Cassiopejae, mit einem Spektrum des III. Typus, das durch Grösse und Intensität seiner Banden ausgezeichnet ist, zeigte am 25. September wahrscheinlich D_3 und die Linie γ des Wasserstoffes hell, nicht aber F. Ferner hat Espin helle Linien in den Spektren von ϑ^1 und ϑ^2 Orionis gefunden (am 26. März 1890), und wahrscheinlich zeigte das Spektrum von S Coronae ebensolche [1]). Helle Linien in den Spektren von γ Cassiopejae und β Lyrae sind auch auf der Sternwarte zu Greenwich beobachtet worden [2]), und zwar ergab sich, dass die Helligkeit dieser Linien Schwankungen unterworfen ist. Bei γ Cassiopejae waren diese Helligkeitsschwankungen der drei Linien (C_1, D_3, F) weder gleichzeitig, noch erfolgten sie in demselben Sinne. Bei β Lyrae sind die Beobachtungen in dieser Beziehung nicht zahlreich genug, um sicheren Entscheid zu geben. Die Linien C und F sind Wasserstofflinien, die helle Linie nahe bei D im Spektrum von β Lyrae ist die sogenannte „Helium"-Linie D_3, ob sie ihre Helligkeit entsprechend derjenigen des Sterns selbst ändert, ist nicht sicher, aber auch nicht ausgeschlossen. Im Spektrum des veränderlichen o Ceti war nahe dem Maximum von hellen Linien bei F oder D_3 nichts zu sehen, wohl aber erschien eine helle Linie im Violett, offenbar die dritte Linie des Wasserstoffs. Im Spektrum von R Cygni wurden die Linien D_3 und F hell gesehen, in jenem von P Cygni erschien eine helle Linie von der Wellenlänge 4858.4 recht deutlich und am Rande etwas verschwommen.

Eine merkwürdige Eigentümlichkeit zeigt das Spektrum der Pleione gemäss der photographischen Aufnahme zu Cambridge [3]). Es besteht nämlich aus der schmalen hellen Linie F, die auf einer breiten dunklen Linie zu liegen scheint. Auch die anderen in demselben sichtbaren Wasserstofflinien, besonders G, zeigen Andeutungen ähnlichen Aussehens. Das Spektrum hat im ganzen einige Ähnlichkeit mit demjenigen von P Cygni.

Die spektroskopische Beobachtung der Fixsterne wird auch auf der Lick-Sternwarte am dortigen grossen Refraktor betrieben [4]).

---

[1]) Observatory Nr. 162. p. 188. [2]) Monthly Notices **49.** Nr 5. p. 300.
[3]) Astr. Nachr. Nr. 2934. [4]) Publications of the Astronomical Society of the Pacific Nr. 4.

Digitized by Google

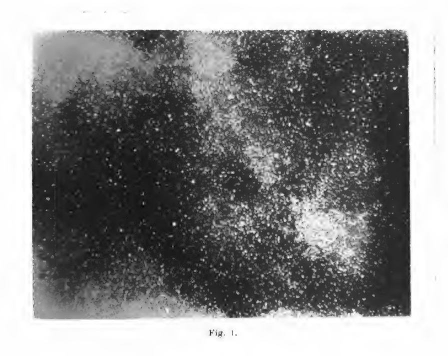


Fig. 1.

Fig. 2.

Photographische Aufnahme eines Theils der Milchstrasse (Fig. 1)

Google

Unter den bis jetzt untersuchten Sternen zeigte γ Cassiopejae die Linien C und F hell, schmal und scharf, G war kaum wahrnehmbar und D_3 nicht zu sehen. Diese letztere wurde von M. v. Gothard und v. Konkoly im August 1883 im Spektrum dieses Sterns gesehen, 1884 war sie unsichtbar, erschien dagegen wieder am 19. September 1888, wo sie wenigstens von Maunder gesehen wurde.

Auch der südliche Himmel wird jetzt im einzelnen spektroskopisch untersucht. R. L. J. Ellery zu Melbourne hat diese Arbeit mit einem 8-zolligen Refraktor begonnen und bereits etwa 100 Sterne geprüft. Die Untersuchung wird mit dem grossen daselbst befindlichen Spiegelteleskop fortgeführt[1]. Von den beobachteten Sternen sind folgende hervorzuheben.

γ Argus . . .	Spektrum mit vier hellen Linien, von denen die in Blau und Grün sehr hell sind
π Argus . . .	Kontinuierliches Spektrum.
η Crucis . . .	" "
δ " . . .	" "
ε " . . .	" "
γ " . . .	Interessantes Spektrum mit säulenförmigen Banden, im Violett viele dunkle Linien.
20 Librae . . .	Ähnliches Spektrum im γ Crucis.
39 " . . .	Dunkle Banden im Grün und Blau.
ζ Arae . .	Eine dunkle Linie bei D, eine andere bei G vermutet.
η Sagittarii . .	Spektrum mit säulenförmigen Banden.
ε " . .	Starke Banden bei G und im Violett.
λ " . .	Kontinuierliches Spektrum, Gelb sehr schmal.
β Pavonis . . .	Dunkle Banden im Violett, Gelb fehlt fast.
γ Gruis . . .	Dunkle Linie bei C, Gelb sehr vortretend.
δ^2 " . . .	Spektrum ähnlich γ Crucis.

Die photographischen und spektroskopischen Untersuchungen der Sternwarte zu Cambridge in Nordamerika. Der vierte Jahresbericht der an jener Sternwarte angestellten Studien über photographische Sternspektra wirkt durch die Mitteilung dessen, was dort thatsächlich ausgeführt ist, geradezu verblüffend. Niemand hätte geahnt, dass in verhältnismässig so überaus kurzer Zeit Arbeiten von solchem Umfange und solcher systematischen Gründlichkeit hätten ausgeführt werden können. Aber freilich verfügt das dortige Observatorium, Dank der grossartigen Liberalität wahrhaft erleuchteter amerikanischer Bürger, auch über Mittel, wie sie unseren europäischen Sternwarten nicht zu Gebote stehen.

Diese Arbeiten werden durch die Mittel eines besonderen Fonds, zum Andenken an Henry Draper, ausgeführt. Die erste Untersuchung bestand in Herstellung eines Katalogs von ungefähr 10000 Sternen von 7. Grösse und darüber nördlich von — 25° Deklination. Das benutzte Instrument ist das Bach-Teleskop mit photographischem Doublet-Objektive von 8 Zoll Durchmesser und 44 Zoll Öffnung. Diese Untersuchung ist nahezu vollendet, und

[1] Monthly Notices 49 Nr. 9, p. 429.

der Katalog, welcher die genaue Beschreibung der Spektra giebt, im Druck.

Die zweite Untersuchung bezieht sich auf die Spektra der schwächeren Sterne. Es sind photographische Aufnahmen von einer Stunde Expositionsdauer in fast sämtlichen Teilen des Himmels gemacht worden nördlich von — 25° Deklination, und sie liefern das Material zur Diskussion der Spektra der Sterne heller als 9. Grösse. Mehrere Tausend dieser Spektra sind ausgemessen und identifiziert worden.

Im Frühjahr 1889 ging eine Expedition unter Führung von S. J. Bailey unter Assistenz von M. H. Bailey nach Peru, und das Bach-Teleskop wurde auf einem 6500 Fuss hohen Berge nahe bei Chosika, 20 Meilen östlich von Lima aufgestellt. Sämtliche Erfordernisse zum Leben, selbst das Wasser, mussten auf dem Rücken von Maultieren aus 11 Meilen Entfernung herbeigeschafft werden. Wegen der grossen Holzarmut Perus waren zwei Skelette von Häusern in Nordamerika hergestellt und mitgenommen worden, die sich an Ort und Stelle gut bewährten. Das eine dieser kleinen Häuser diente zur Wohnung der Beobachter, das andere zur Aufnahme der Instrumente. Während der ersten 6 Monate war das Wetter sehr günstig, und mehr als 1300 photographische Aufnahmen konnten erhalten werden, im ganzen konnte die Hälfte des Programms in jener Zeit absolviert werden. Dann setzte die Regenzeit ein, und die Beobachter begaben sich südwärts bis zur Breite von Valparaiso, um nach einem geeigneten Orte Umschau zu halten. Die erste Reihe der Photographien mittels des Bach-Teleskops lieferte Karten des ganzen Himmels südlich von — 25° Deklination mit Exposition von 10 Minuten. Sämtliche Sterne, welche heller als die 10. Grösse sind, wurden also photographiert. Durchweg sind zwei Sätze von Photographien erhalten worden, und zwar so, dass die Mittelpunkte der einen Reihe von Platten mit den Ecken der anderen zusammenfallen. Jeder Stern ist also mindestens auf zwei Platten sichtbar. Ein zweiter Satz von Photographien erstreckt sich über dieselbe Fläche des Himmels und beruht auf Aufnahmen von einer Stunde Expositionsdauer. Diese Platten enthalten sämtliche Sterne, die heller sind als die 15. Grössenklasse. Endlich sind zwei ähnliche Reihen von photographischen Aufnahmen der Spektra der Sterne derselben Region erhalten worden mit Expositionen von 10 Minuten und einer Stunde Dauer. Im allgemeinen also sind alle hellere Sterne mindestens achtmal photographisch aufgenommen worden. Ausserdem wurden ausgezeichnete Bilder von bemerkenswerten Objekten des südlichen Himmels erhalten, z. B. von dem Nebel um η Argus, dem sogenannten Trifid-Nebel und dem Nebel Generalkatalog Nr. 6533. Diese Aufnahmen erstrecken sich über 90′, 20′ und 40′ im Durchmesser. Die Sternhaufen ω Centauri, ξ Doradûs und π Crucis sind schön dargestellt, ausser ihnen eine grosse

Digitized by Google

Anzahl kleiner Sternhaufen. Zahlreiche Objekte mit eigenartigen Spektren wurden entdeckt.

Durch die zeitweise Entfernung des Bach-Teleskops wurden verschiedene Arbeiten, für welche das Instrument besonders bestimmt ist, naturgemäs unterbrochen. Deshalb spendete Madame Draper die Mittel zu einem zweiten Instrument von nahezu der gleichen Grösse. Dasselbe ist bereits seit dem 27. September 1889 während jeder klaren Nacht in Thätigkeit. Die damit erhaltenen Photographien belaufen sich auf 713. Eine der Arbeiten, welche mit Hülfe dieses Instrumentes ausgeführt werden sollen, ist die Herstellung von Karten des Himmels nördlich von 25° südlicher Deklination mit Expositionsdauer von 10 Minuten. Damit wird die in Peru begonnene Aufnahme für den ganzen Himmel vollendet sein. Eine photographische Sternkarte wird auf diese Weise erhalten werden, nahezu in dem Massstabe des Argelander'schen Atlas, aber natürlich sehr viele schwächere Sterne umfassend. In klaren Nächten wurden auch photographische Aufnahmen von Sternen bei der oberen und bei der unteren Kulmination gemacht, um die atmosphärische Absorption zu bestimmen, gemäss einem Plane, der bereits vor drei Jahren hier gefasst worden. Daneben sind auch Aufnahmen mit einstündiger Exposition von solchen Gegenden des Himmels gemacht worden, in welchen sich veränderliche Sterne befinden. Indem über dem Objektivglase ein Prisma von 8 Zoll im Geviert, und einem brechenden Winkel von 5° angebracht worden, konnten Spektra erhalten werden von ungefähr einem Drittel der Länge derjenigen mit dem Bach-Teleskop, und da das Licht auf einer kleinen Fläche konzentriert wird, erhielt man auch die Spektren von sehr schwachen Sternen, Spektra, die ausreichen, um den Typus zu erkennen, dem sie angehören. Beispielsweise sind nunmehr auch die Spektra von Sternen des vierten Typus photographiert worden, obgleich die betreffenden Sterne so rot erscheinen, dass bis dahin befriedigende Photographien derselben nicht erhalten wurden. Ihre photographischen Spektra sind ebenso charakteristisch, wie ihre sichtbaren. Es wurden ebenfalls Photographien von helleren Veränderlichen langer Periode nahe dem Maximum erhalten, und es ergiebt sich hieraus, dass die Spektra von o Ceti, R Hydrae, R Leonis, V Orionis und R Cassiopejae identisch sind, andere Veränderliche der nämliche Klasse des Lichtwechsels, wie R Crateris und V Hydrae, gehören dagegen dem vierten Spektraltypus an. Es ist bemerkenswert, dass alle Veränderliche der Algolklasse Spektra zeigen, welche dem ersten Typus zuzuzählen sind, vielleicht mit Ausnahme von R Canis majoris, welcher möglicherweise zum zweiten Typus gehört. Eine andere Klasse von Spektra, welche untersucht wurden, sind diejenigen der planetarischen Nebelflecke. Von ihnen wurden aufgenommen die Nebel N. G. K. 1535, 2440, 3242, 7009, 7027 und 7662, obgleich diese Objekte so schwaches

Digitized by Google

blaues Licht ausstrahlen, dass sie nicht leicht photographisch wahrgenommen werden können. Der Vergleich ihrer Spektra mit denjenigen der Sterne, welche helle Spektrallinien zeigen, lehrt, dass beide Klassen von Himmelskörpern eng miteinander verwandt sein müssen. Es dürfte sich eignen, diese Spektra als solche vom fünften Typus zu bezeichnen, um die Secchi'sche Klassifikation nach dieser Richtung auszudehnen. Mit dem 8-zolligen Teleskop wurden viele Objekte gefunden, welche eigenartige Spektra zeigen; folgende Sterne gehören zum fünften Typus und bestehen hauptsächlich aus hellen Linien: A. G. C. 14626, 14684, 15220, 17840 (ϑ Muscae), 22748, 22763, 22843, 23072, 23073 und 23416. Die Wasserstofflinie F zeigte sich hell im Spektrum von δ und μ Centauri. Die helle Linie in ϑ Muscae wurde zuerst auch für F gehalten, aber eine scharfe Prüfung ergab, dass ihre Wellenlänge etwas geringer ist, und dieser Stern, wie oben erwähnt, zum fünften Typus gehört. Die Sterne A. G. C. 23935, 29232 und 29252, sowie der Stern der Bonner Durchmusterung + 14° 2048 haben Spektra vom vierten Typus; der letztgenannte Stern zeigt den blauen Teil seines Spektrums ungewöhnlich hell und eine Bande darin, welche noch bei keinem anderen Sterne des vierten Typus bis jetzt photographiert worden ist. Ein Stern, dessen Position für 1875 ist: Rektasz. $12^h\ 18.0^m$ Dekl. — 48° 13′, hat ein Spektrum des vierten Typus und ist 6. Grösse. Sein Fehlen im Cordoba-Kataloge scheint anzudeuten, dass er zu den Veränderlichen gehört. Ungefähr 50 Sterne vom dritten Typus wurden entdeckt, darunter die Sterne der Bonner Durchmusterung — 23° 652 und — 2° 3653, welche das gleiche Spektrum wie die Veränderlichen von langer Periode haben, in denen aber die hellen Wasserstofflinien fehlen. Ein Stern (1875 Rektasz. $4^h\ 36.2^m$ Dekl. — 38° 29′), der im Oktober 1889 7. Grösse war, gab ein Spektrum ähnlich dem der Veränderlichen von langer Periode; die Untersuchung zeigte, dass er im Februar 1890 nur 10. Grösse war, also wirklich veränderlich. So kann das Spektrum allein zur Auffindung eines Veränderlichen führen.

Das Studium der Spektra der helleren Sterne am 11-zolligen Teleskop ist nahezu vollendet; fast alle zu Cambridge sichtbaren Sterne sind photographiert worden unter Anwendung von einem bis vier Prismen, je nach der Helligkeit des Sternes. Die Klasse der seltenen Spektra, in welcher die Wasserstofflinie F hell erscheint, wurde vermehrt durch folgende Sterne: π Aquarii, ψ Persei, Pleione (— B. D. + 23° 558), und vielleicht auch ω Draconis und β Lyrae. Das Spektrum der Pleione ist bemerkenswert durch seine Ähnlichkeit mit demjenigen von P Cygni, welcher letztere Stern im Jahre 1600 hell erschien, aber in den letzten 300 Jahren verhältnismässig schwach ist. Eine ähnliche Lichtänderung der Pleione mag die Legende von der verlorenen Plejade erklären. Das wichtigste Unternehmen, zu welchen das erwähnte Teleskop

Digitized by Google

benutzt worden, ist die Untersuchung der Sternspektra, in welchem die Linie K doppelt erscheint. Bei ζ Ursae majoris stellt sich diese Verdoppelung in 52 tägigen Zwischenzeiten ein, und die Erklärung dieser Erscheinung ergab sich durch die Voraussetzung, dass derselbe ein äusserst enger Doppelstern ist[1]. Das Spektrum von β Aurigae zeigt eine ähnliche Eigentümlichkeit. Die grösste Trennung der beiden Linien zeigt eine relative Geschwindigkeit von 150 Meilen in der Sekunde an, und die Trennung der Linie erfolgt in schneller Wiederkehr, so dass eine Periode von vier Tagen und eine kreisförmige Bahn sich ergaben. Der Abstand der beiden Komponenten von β Aurigae beträgt hiernach acht Millionen englische Meilen, und die Gesamtmasse 2.3 Sonnenmassen. Nimmt man an, dass die Parallaxe dieses Sterns 0.05″ beträgt, so würde die grösste scheinbare Distanz der beiden Komponenten von der Erde aus gesehen 0.004″ nicht übersteigen. Da die Trennung der Spektrallinien K 20″ beträgt, so kann in diesem Falle die Wirkung des Prismas betrachtet werden, als wenn die Vergrösserung des Fernrohres auf das 5000 fache gesteigert wäre. Die Veränderung der Trennung jener Linie im Spektrum erfolgt so rasch, dass sie sogar an Photographien, die an demselben Abende nach einander erhalten wurden, merkbar wird.

Was den allgemeinen Charakter der Sternspektren anbetrifft, so kann man nach den Untersuchungen in Cambridge annehmen, dass das einfache typische Spektrum aus einem kontinuierlichen Hintergrunde besteht, welcher von einer Anzahl breiter Banden durchschnitten wird, die wahrscheinlich alle dem Wasserstoff angehören. Dieses einfachste Spektrum wird in zwei Weisen modifiziert, einmal durch hinzukommende (additional) Linien, wie wir sie in den Spektren mancher Sterne des Orion und grossen Hundes sehen, und dann durch Linien, welche im Sonnenspektrum auftreten. Alle diese Spektra kann man näherungsweise in eine Reihe gruppieren. An dem einen Ende derselben stehen Sterne wie ε Orionis, deren additionale Linien fast so intensiv sind wie diejenigen des Wasserstoffs. Dann folgen Spektra, in welchen diese Linien zunehmend schwächer werden bis zu demjenigen von β Persei, in welchem sie beinahe verschwunden sind. Einige Sonnenlinien werden dann sichtbar, und sie treten immer stärker hervor, bis das Spektrum den Charakter des zweiten Typus gewinnt (nach Secchi's Klassifikation), während die erstgenannten Spektra zum ersten Typus zählen. Werden jetzt die Linien mehr und mehr intensiv, so geht das Spektrum allmählich in den dritten Typus über. Bei Sternen, wie α Tauri und α Orionis, tritt eine Differenz in dem gewöhnlichen photographischen Spektrum nicht hervor, obgleich der erste Stern dem zweiten, und der andere dem dritten Typus angehört. Wäre der Unterschied im

[1] Vergl. oben p. 65.

sichtbaren Spektrum nicht grösser als beim photographischen, so würden beide Sterne nicht zu verschiedenen Typen gezählt werden. Bei Anwendung von Erythrosin erschienen die charakteristischen Streifen im grünen und gelben Teile des Spektrums sehr deutlich. In dem Masse als die Spektralreihe fortschreitet, treten die Unterschiede mehr und mehr hervor bis zu Sternen von dem Spektrum α Herculis. Schliesslich haben wir im o Ceti noch ein ähnliches Spektrum mit Hinzutreten gewisser heller Wasserstofflinien. So wird es offenbar, dass ungefähr alle Sterne mit ihren Spektren in einer Reihe untergebracht werden können, in welcher die nebeneinander liegenden Spektra kaum voneinander verschieden sind. Die übrig bleibenden Sterne sind diejenigen des vierten Typus mit hellen Linien und die planetarischen Nebel. Die Sterne dieses Typus haben keinerlei Ähnlichkeit mit dem einen oder anderen Typus, noch kann irgend eine Verbindung ihrer Spektra mit der ganzen Reihe hergestellt werden. Das Gleiche gilt von den Sternen mit Spektren aus hellen Linien und den planetarischen Nebeln, welche den oben sogenannten fünften Typus bilden; man darf dieselben durchaus nicht zusammen werfen mit Sternen wie γ Cassiopejae, in welchen die Wasserstofflinien hell und schmal sind. Diese letzteren stehen wahrscheinlich an dem anderen Ende der obigen Reihe von Spektren, welche mit denjenigen des ersten Typus beginnt.

Die Spektra gewähren ein ausgezeichnetes Mittel, um die Energie der verschiedenen Wellenlängen bei Sternen von verschiedenem Typus zu studieren. Befriedigende Messungen zu diesem Zwecke sind bereits angestellt worden, und es steht zu hoffen, dass es möglich sein wird, sie auf absolutes Mass zu reduzieren durch Vergleich mit den Resultaten, welche mittels des Bolometers für die Verteilung der Energie im Sonnenspektrum erhalten worden sind.

Nebelflecke. Die Entdeckung neuer Nebelflecke nimmt noch immer ihren Fortgang, und es scheint, dass die Anzahl dieser Objekte, welche unseren mächtigsten Teleskopen erreichbar ist, weit grösser ist, als man vielfach vermutet hat. Auch auf diesem Gebiete ist die Photographie hülfreich eingetreten, ja sie hat die direkte Beobachtung weit überholt. Die Photographie der Plejadengruppe durch die Gebrüder Henry und der dadurch gelieferte Nachweis von nebliger Materie in verschiedenen Teilen dieser Gruppe hat zuerst die Überlegenheit der Photographie auf diesem Felde unzweifelhaft erwiesen. Dann kamen die Aufnahmen von Isaak Roberts, welche im Andromedanebel eine völlig ungeahnte ringförmige Struktur enthüllten [1]). Derselbe Amateur-Astronom hat noch eine Anzahl anderer Nebelflecke photographiert und jüngst die Methode der sogenannten photo-

[1]) Revue der Naturwissenschaften **17.** p. 352.

graphischen Analysen gewisser Nebelflecke eingeführt [1]). Er versteht darunter das vergleichende Studium von photographischen Aufnahmen eines und desselben Nebels bei Expositionen, die zwischen fünf Sekunden und 205 Minuten variieren. Das Studium der Sichtbarkeit der nebeligen Materie auf den erhaltenen Platten gestattet Schlüsse über die relative aktinische Lichtintensität in verschiedenen Teilen eines solchen Nebels und lässt besser und klarer die wahre Struktur dieser Objekte erkennen.

So hat I. Roberts u. a. am 16. Februar 1889 fünf Aufnahmen des grossen Orionnebels ausgeführt mit Expositionen von 5, 30, 60, 180 und 360 Sekunden. Die vier Sterne, welche das Trapez bilden, erscheinen schon bei fünf Sekunden Expositionsdauer, sie nehmen bei längerer Dauer an scheinbarem Durchmesser zu und bilden, endlich nach 360 Sekunden Exposition ein einziges Ganzes mit unregelmässigen Umrissen. Die Nebulosität um das Trapez herum beginnt bei 60 Sekunden Expositionsdauer sichtbar zu werden, und bei einer solchen von 360 Sekunden ist sie völlig entwickelt, und zeigt die charakteristischen Formen. Der Vergleich dieser Aufnahme mit der Zeichnung des Orionnebels, welche Lord Rosse an seinem grossen Spiegelteleskop erhalten hat, zeigt in vielen Punkten Ähnlichkeit, sowohl in den Umrissen, als in der Verteilung der Nebelmaterie, und es wird offenbar, dass Lord Rosse sehr grosse Sorgfalt auf die Zeichnung des Nebels verwendet hat, zu welcher Arbeit, nach seinen eigenen Angaben, jede brauchbare Stunde in den Wintermonaten von sieben Jahren verwendet wurde. Werden die Platten 15 Minuten oder noch länger exponiert, so verschwindet die erwähnte Ähnlichkeit wieder mehr oder weniger in der wachsenden Intensität, welche die Nebelmaterie dann zeigt. Eine Aufnahme am 4. Februar 1889 mit einer Expositionsdauer von 205 Minuten zeigte zur Evidenz, dass der grosse Orionnebel mit mehreren benachbarten Nebelflecken (1180 und 1185 des Herschel'schen Generalkataloges) zusammenhängt, und das Ganze eine einzige ungeheure Nebelmasse bildet. Diese Verbindung zeigt sich auch auf anderen Aufnahmen, am 22. Januar und 3. Februar 1889, nach Expositionen von 2 und $2^1/_2$ Stunden. Bei noch längerer Exponierung würde die Verbindung dieser Nebel unter sich vielleicht noch weiter ausgedehnt erscheinen, und Roberts wird, sobald die Stellung des Orion und die Witterung es gestatten, derartige Aufnahmen versuchen.

Andererseits sind auf der Sternwarte zu Cambridge (U. A.) systematische Versuche zur Entdeckung neuer, sehr lichtschwacher Nebel mit Hülfe der Photographie gemacht worden [2]). Dieselben sollen über den ganzen Himmel ausgedehnt werden. Die ersten Versuche reichen bis zum Februar und März 1888 hinauf. Es

[1]) Monthly Notices **49.** No. 5 p. 295. [2]) Annals of the Harvard College Observatory **18.** No. 5.

wurde bei denselben beabsichtigt, auf einem gegebenen Teile des Himmels die in der Photographie enthaltenen Nebel mit den bekannten und in den Katalogen verzeichneten zu vergleichen. Die gewählte Fläche des Himmels erstreckt sich von $5^h\ 10^m$ bis $5^h\ 50^m$ in Rektaszension und von -10^0 bis $+5^0$ in Deklination. Der grosse Orionnebel befindet sich nahezu in der Mitte derselben. Die genaue und wiederholte Untersuchung der Platten ergab folgendes. Es sind auf obiger Fläche 27 Nebel photographiert, in Dreyer's Katalog finden sich nur 18, von denen 14 auf der Photographie enthalten sind, vier aber hier fehlen. Die in Rede stehende Fläche bedeckt 0,004 des ganzen Himmels, während Dreyer's Katalog 7840 Nebelflecke aufzählt. Wenn also das gleiche Verhältnis für den ganzen Himmel angenommen wird, so ist zu erwarten, dass mit Hülfe der Photographie wenigstens noch 4—5000 neue Nebel entdeckt werden können.

Verteilung der Nebelflecke und Sternhaufen am Himmel. Als Ergebnis einer statistischen Untersuchung sämtlicher, in Dreyer's allgemeinem Katalog erhaltenen Objekte dieser Art kommt Dr. Bauschinger zu folgenden Sätzen:

1) Die schwachen Nebel vermeiden die Milchstrasse; die grössten Anhäufungen derselben finden in der Nähe der Pole der Milchstrasse statt; von diesen Polen aus nimmt die Zahl der Nebel um so mehr ab, je näher man der Milchstrasse kommt. Ausserdem finden sich hiervon unabhängige Anhäufungen am südlichen Himmel in den Kapwolken und am nördlichen im Sternbilde der Andromeda.

2) Die hellen Nebel zeigen genau dasselbe Verhalten wie die schwachen, womit erwiesen ist, dass nicht die allgemeine Helligkeit der Milchstrasse allein der Grund für die charakterisierte Verteilung ist.

3) Die planetarischen Nebel liegen mit ganz wenigen Ausnahmen in und in der Nähe der Milchstrasse.

4) Die Sternhaufen liegen, vereinzelte Objekte und die Gegend der beiden Kapwolken ausgenommen, sämtlich in der Milchstrasse oder in der Nähe derselben [1]).

Über den Nebel in der Andromeda bemerkt Close in einer Zuschrift an die Herausgeber des Observatory, dass man die Aufhellung der wahren Struktur dieses Nebels allgemein der berühmten Photographie desselben von Roberts zuschreibe [2]). In der That findet sich in den Zeichnungen von Bond, Trouvelot und Secchi keine Spur der spiralförmigen Struktur. Dagegen zeige die Abbildung im 1. Bande von Arago's populärer Astronomie, Fig. 114, den besagten Nebel als zusammengesetzt aus konzen-

---

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft 1889. Jahrg **24.** p. 45.

[2]) Man sehe dieselbe Sirius 1889, Tafel III und den dazu gehörigen Text p. 49 u. ff.

Digitized by Google

trischen, elliptischen Schichten, analog wie in Roberts Photographie. Die Zeichnung in J. Herschel's Outlines of Astronomy, Tafel II, stimme mit Arago überein, nur dass die konzentrische Struktur dort nicht so hervortretend sei. Sie ist nach einem „flüchtigen Entwurf," wahrscheinlich von Herschel selbst. Was die Sache noch bemerkenswerter mache, sei der Umstand, dass J. Herschel auf den Unterschied zwischen seiner und Bond's Zeichnung aufmerksam gewesen sei. Die Sache scheine eine Untersuchung zu verdienen. Soweit Close. Uns scheint die ganze Hervorhebung höchst überflüssig und nur geeignet, klare Thatsachen zu verwirren. Die Zeichnung in Arago's Astronomie ist von einem Kupferstecher gemacht, der nichts von der Sache verstand, sie ist ein Monstrum, das jedem, der den Nebel selbst gesehen hat, höchst abgeschmackt vorkommen muss. Wenn Close auf die Abbildungen bei Arago so grosses Gewicht legt, so ist es schade, dass er versäumt hat, die der genannten gerade folgende Darstellung des grossen Nebels im Orion anzusehen. Er würde dann daraus den Schluss haben ziehen können, dieser Nebel habe sich in höchst wunderbarer und unbegreiflicher Weise heute in sein Spiegelbild von damals, als die Figur gezeichnet wurde, verkehrt. Denn jene Abbildung giebt in der That das Spiegelbild des wirklichen Nebels. Natürlich handelt es sich auch hier nur um Flüchtigkeit und Unwissenheit des Zeichners und Oberflächlichkeit Aragos, der eine solche Abbildung unbesehen guthiess. Was die Nebelzeichnungen der beiden Herschel anbelangt, so sind dieselben, wie heute wohl bekannt ist, höchst oberflächlich und nicht charakteristisch. Das Sir John Herschel den Unterschied zwischen seiner und Bond's Zeichnung erkannte, ist nicht zu bezweifeln, er war aber verständig genug, einzusehen, dass seine oberflächliche Skizze neben der an weit besseren Instrumenten erhaltenen sorgsamen Zeichnung Bond's keinen Anspruch auf sonderliche Beachtung erhalten konnte. Die beiden Herschel waren sicherlich grosse Astronomen, aber ebenso sehr mittelmässige Zeichner.

Bezüglich des Andromedanebels kann niemand Roberts den Ruhm streitig machen, mittels der Photographie die Struktur des Nebels zum ersten Male enthüllt zu haben.

———

Digitized by Google

Geophysik.

Das Zeitalter der grossen, überraschenden Entdeckungen auf der Erdoberfläche ist ein für allemal abgeschlossen, nur in den Polargegenden sind noch Räume vorhanden, deren Durchquerung und Oberflächenbeschreibung der Geographie, der allgemeinen Erdbeschreibung, weiteren, wesentlicher Zuwachs in Aussicht stellt. Dafür tritt jetzt mehr und mehr diejenige Seite der Erdkunde in den Vordergrund, welche nicht lediglich beschreibend verfährt, sondern das Verständnis der Art und Weise des Werdens, den Verlauf der Gestaltungsprozesse und die Gesetze, welche dabei gültig sind, zu erforschen bestrebt ist, und welche die Erdkunde recht eigentlich erst zu einer wahrhaft wissenschaftlichen Disziplin erhebt, nämlich die Geophysik. Sie beschäftigt sich mit Gestalt und Dichte der Erde, mit ihren Wärmeverhältnissen im Innern und an der Oberfläche, in ihr Gebiet fallen alle Erscheinungen, welche der Erdmagnetismus darbietet, und die ganze Meteorologie. Die Betrachtung des orographischen Baues der Erdoberfläche, die Ozeanographie, wie die Bodenplastik des Festlandes und die Wechselbeziehungen zwischen Land, Wasser und Luft bilden ebenfalls einen wichtigen Teil der Geophysik. Ihre Begrenzung gegen die Geologie hin ist nicht scharf zu ziehen, am sichersten noch, wenn man festhält, dass es die Architektonik des Erdantlitzes ist, womit sich die wissenschaftliche Erdkunde zu beschäftigen hat, und dass sie die Kräfte, welche dieses Antlitz altern machen, nur in dieser Beziehung und auf diese Wirkung hin in Betracht zieht.

Von diesen Gesichtspunkten aus betrachten wir die Fortschritte der Geophysik in der Reihenfolge, dass zunächst der neueren Arbeiten über Gestalt und Dichte der Erde, Pendelbeobachtungen und Ortsbestimmungen gedacht wird, daran schliessen sich die erdmagnetischen Untersuchungen, die Studien über Erd- und Bodentemperatur, hierauf folgen die vulkanischen Erscheinungen, die Arbeiten über Erdbeben, Hebungen und Senkungen, Gebirgs- und Thalbildungen. Weiter fortschreitend wenden wir uns zur Ozeanographie, zu den Arbeiten über Seen und Flüsse, zu den Quellen und den Untersuchungen über Grundwasser, dann

Digitized by Google

zu den Glacialerscheinungen und der Frage über Eiszeit und Kälteperioden. Hierauf werden die Forschungen über die Atmosphäre im allgemeinen zur Darstellung gelangen, dieser folgen die Untersuchungen über Temperatur, Luftdruck und die Hydrometeore, daran schliessen sich die Arbeiten über die Luftströmungen, die atmosphärische Elektrizität und alles, was zur meteorologischen Optik gehört, den Schluss endlich bildet ein Blick auf die Arbeiten klimatologischen Inhalts. Selbstredend können nur die wichtigeren Arbeiten auf diesem ungeheuren Gebiete zur Sprache kommen und auch diese nur insoweit, als sie zur Zeit ein allgemeineres Interesse beanspruchen können.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Erddimensionen. Eine neue Berechnung der mittleren Erddimensionen auf Grund der russisch-skandinavischen Gradmessung hat A. Bonsdorff geliefert[1]). Er findet als wahrscheinlichste Werte in Toisen:

Radius des Äquators . .	3272563.4 ± 59.8
„ „ Poles . . .	3261603.4 ± 286.7
Abplattung	1:298.6 ± 7.8

Die auch anderweitig gefundene Vergrösserung der beiden Radien im Vergleich zu der älteren Bessel'schen Berechnung tritt in dieser neuen Bestimmung scharf hervor, ebenso die Vergrösserung der Abplattung. Indessen hat aber auch die Bonsdorff'sche Berechnung nur einen provisorischen Charakter, da sie auf der russisch-skandinavischen Triangulation allein beruht.

Kleine Bewegungen der Erdaxe. Die schon seit einiger Zeit sehr wahrscheinlich gewordene Existenz kleiner Bewegungen der Erdaxe sind nunmehr sicher nachgewiesen, und zwar in relativ erheblichen Änderungen der geographischen Breiten mehrerer Städte in der letzten Hälfte des Jahres 1889. Professor Helmert, Direktor des Centralbureaus der internationalen Erdmessung, hatte schon 1888 berichtet, dass auf den Sternwarten in Potsdam, Berlin, Prag und Strassburg Beobachtungen zu dem erwähnten Zwecke angestellt wurden. Die neueste Veröffentlichung desselben[2]) lässt über den Erfolg keinen Zweifel. Es heisst in derselben: „Nachdem im ersten Halbjahre (1889) die geographische Breite in Berlin und Potsdam keine mit Sicherheit zu erkennende Änderung gezeigt hatte, trat im dritten Viertel des Jahres erst ein Wachstum, dann eine Abnahme der Breite ein, die im Januar (1890) ihr Ende erreicht hat. Berlin und Potsdam geben, wie aus der von Prof. Albrecht durchgeführten

[1]) Sapiski, Milit.-Topogr. Abteilg. d. Russ. Generalstabs **42.** Sekt. II.
[2]) Astr. Nachr. Nr. 2883.

Digitized by Google

Bearbeitung hervorgeht, übereinstimmend eine Gesamtabnahme von 0.5″ — 0.6″, welche von den Prager und Strassburger Beobachtungen bestätigt wird. Bei den drei erstgenannten Stationen ist an der Realität der Erscheinung nicht zu zweifeln, da die Unsicherheit kein Zehntel der Sekunde erreicht; weniger von Gewicht ist das Strassburger Ergebnis. Da aber wenigstens an drei Orten, von denen der eine um 2° südlicher als die beiden anderen liegt, mit sehr verschiedenen Instrumenten die gleiche Wahrnehmung mit Sicherheit gemacht ist, so kann man behufs ihrer Erklärung kaum noch seine Zuflucht zu Beobachtungs- und Instrumentalfehlern oder zu Refraktionswirkungen nehmen". Die Beobachtungen werden noch fortgesetzt. Über die Ursachen der nunmehr nachgewiesenen Schwankungen der geographischen Breiten lassen sich zur Zeit nur Vermutungen aufstellen. Möglicherweise sind dieselben, wie Dr. Küstner meint, in den gewaltigen, der Energie der Sonne entstammenden Vorgängen innerhalb der Lufthülle und des Wasserozeans unserer Erde zu suchen. Die höhere Mechanik zeigt, dass infolge der unaufhörlichen und im einzelnen unregelmässigen Massenverschiebungen auf der Erde, auch selbst dann, wenn man keine Veränderungen des unbekannten Erdinnern annimmt, doch der Erdkörper gegen die Rotationsaxe, während diese selbst im Raum ihre Richtung nahezu unverändert beibehält, Schwankungen unregelmässiger Art ausführen muss. Nur über die Grösse dieser letzteren gingen die Meinungen noch auseinander. Dass sie wirklich durch Beobachtungen nachweisbar sind, ist also jetzt ausser Zweifel.

Der Einfluss grosser Massenverschiebungen auf die Lage der Erdpole ist von Schiaparelli untersucht worden[1]). Er findet, dass, wenn die Erde vollkommen starr wäre, der Pol der Trägheitsaxe nur geringe Verschiebungen erleiden könnte, selbst dann, wenn man sehr viel gewaltigere Veränderungen der Erdrinde annimmt, als wozu die Erfahrungen berechtigen. Ist die Erde dagegen flüssig, oder vielmehr befindet sie sich in einem Zustande, sich unmittelbar anzupassen, so würden die bekannten geologischen Umänderungen immerhin ausreichen, um den Polen beträchtliche, unregelmässige Bewegungen zu erteilen. Diese Bewegungen aber würden fortfahren, ihre Wirkungen auszuüben, selbst wenn die Ursachen längst verschwunden wären. Nimmt man dagegen eine gewisse relative Plastizität, eine verzögerte Anpassung der Erdform an, so gelangt Schiaparelli zu einer Konstante, welche die Grenze der möglichen Verschiebung zwischen dem Pol des natürlichen Gleichgewichts und dem Umdrehungspol ausdrückt, eine Grenze, die, sobald sie einmal erreicht ist, zu einem plötzlichen, neuen Gleichgewichtszustande führt. Die Be-

[1]) Bullet. astronomique 1889. **6.** p. 489.

Digitized by Google

ständigkeit der geographischen Erdpole ist nach Schiaparelli's Ansicht für die moderne Zeit nicht erwiesen, viel weniger noch für die früheren Perioden der Erde. Geologische Umgestaltungen können starke Bewegungen des Rotationspoles erzeugen. Die Spannungen aber, welche durch den Widerstand des Sphäroids gegen die Anpassung an die neuen Verhältnisse entstehen, würden, wie Schiaparelli glaubt, ausreichen, die meisten geologischen Ereignisse, die wir kennen, zu erklären.

Die Ermittelung der genauen Gestalt der Meeresoberfläche ist eine Aufgabe, deren vollständige Lösung noch geraume Zeit auf sich warten lassen wird, wenn sie überhaupt jemals gelingt. In dieser Beziehung ist die kritische Darstellung von R. S. Woodward von grossem Interesse[1]). Er bemerkt, dass der Meeresspiegel nur wenig von der Gestalt eines an den Polen abgeflachten Sphäroids abweicht, dessen grosse Axe 20926000 engl. Fuss und dessen kleine Axe 20855000 engl. Fuss beträgt. Dieser Rotationskörper wird das Referenzellipsoid genannt, und seine kleine Axe fällt mit der Umdrehungsaxe der Erde zusammen. Die wirkliche Meeresoberfläche, das Geoid, liegt nun teils etwas über, teils etwas unter der Oberfläche jenes Referenzellipsoids, und diese Abweichungen oder Ausbiegungen sind nur gering, aber im einzelnen unbekannt. Sie zu bestimmen, ist die nächste Aufgabe der höheren Geodäsie, und durch Ermittelung derselben würde man eine zweite Annäherung an die Kenntnis der Gestalt der Erde erhalten. Für die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen genügt indessen schon unsere Kenntnis der Grösse und Gestalt des Referenzellipsoids. Indessen hat die Geodäsie bereits einen so hohen Grad der Vollkommenheit erreicht, dass die Abweichungen, welche nun in mehreren ihrer Operationen zu Tage kommen, zum grossen Teil, wenn nicht hauptsächlich den Fehlern der Theorie zugeschrieben werden müssen. Diese Abweichungen müssen erklärt werden, bevor ein wesentlicher Fortschritt in unserer Kenntnis von der Gestalt der Erde mittels der jetzigen Untersuchungsmethoden erwartet werden kann. Ihre wahre Erklärung steht offenbar in inniger Beziehung zur Gestalt des Geoids, und deshalb ist mehr in dem Studium der Gestalt, als in der Bestimmung der Dimensionen des Geoids der weitere Fortschritt der Geodäsie zu suchen. Andererseits hat die Geologie verschiedene Fragen gestellt nicht allein in Bezug auf die Form, Lage und Beständigkeit des eigentlichen Geoids, sondern auch betreff der mit demselben verbundenen äquipotentiellen Oberflächen der isolierten Wassermassen bei höherem und niedrigerem Spiegel. Es wurde z. B. in geologischen Untersuchungen gefunden, dass die Küstenlinien entschwundener Meere nicht immer zu-

---

[1]) Bulletin of the United States Geological Survey, No. 48.

Digitized by Google

sammenfallen mit den jetzigen Niveaulinien, sondern dieselben oft unter bestimmten Winkeln schneiden, oder dass die Wasserniveaulinien, welche auf Inseln von solchen entschwundenen Seen gezeichnet worden, in der Höhe verschieden sind von den gleichzeitigen Linien, die an ihren entlegenen Küsten gezeichnet wurden. Abgesehen von den Änderungen, welche in diesen Fällen herrühren können von Senkungen und Hebungen, kann die Frage aufgeworfen werden, ob solche Neigungen oder Unterschiede in der relativen Höhe gegen die jetzigen Niveaulinien nicht veranlasst sein mögen durch benachbarte, anziehende Massen, welche seitdem verschwunden sind, ähnlich den Eismassen der Eiszeit, oder in einem Seebecken durch die Anwesenheit des Wassers selbst. Die vollständige Beantwortung solcher Fragen erfordert aber die Kenntnis des gegenwärtigen Geoids und der Ursachen, welche säkulare Änderungen in seiner Gestalt und Lage hervorgebracht haben könnten.

Lotabweichungen und Schwerebestimmungen. In der Nähe des Hauptpunktes der deutschen Generalstabskarte, Rauenberg, etwa 8 *km* südlich von Berlin, sind in den Jahren 1886 und 1887 auf Veranlassung des geodätischen Instituts Untersuchungen über Lotabweichungen angestellt worden, die zu interessanten Ergebnissen führten[1]. Es fand sich nämlich unter gewissen Annahmen für die Lotabweichung auf Rauenberg selbst, dass dort ein Störungsgebiet liegt, welches auf Massendefekte im Erdinnern deutet, und dessen wahrscheinlichste Lage nicht weit östlich vom Müggelsberg anzunehmen ist. Man braucht zur Erklärung nicht gerade an grosse Hohlräume im Innern der Erde zu denken, vielmehr würde zu diesem Zwecke schon die Annahme genügen, dass die Sperenberger Salzlager sich in einem grossen Bogen nach Osten hinziehen, was ja schon durch die in den letzten Jahren in der Umgebung von Berlin erschlossenen Salzquellen wahrscheinlich gemacht ist. Ferner ergab sich, dass die mathematische Figur des Rotationsellipsoids der Erde von der dem wirklichen Zustande entsprechenden mathematischen Fläche des Geoids in dem untersuchten Gebiete nur um höchst unbedeutende, völlig zu vernachlässigende Beträge abweichen kann.

Höchst genaue und wichtige Untersuchungen über Lokalattraktion und Schwerebestimmungen wurden seitens des österreichischen militärisch-geographischen Instituts unter Leitung von Oberstlieutenant v. Sterneck seit mehreren Jahren ausgeführt[2]. Von besonderem Interesse sind die Untersuchungen über den Unterschied der Schwere auf der Erdoberfläche und in ver-

---

[1]) Veröffentlichungen des Kgl. geodätischen Instituts. Berlin 1889.

[2]) Vergl. Mitteilungen des k. k. militär-geographischen Instituts, Bd. VIII, S. 69 u. ff. und IX, S. 47 u. ff. Wien 1888.

Digitized by Google

schiedenen Tiefen unter derselben. Im ganzen sind Untersuchungen dieser Art bisher nur (1854) von Airy im Schachte Harton des Kohlenreviers Durham (England), sowie (1883) durch v. Sterneck im Adalbertschacht des Silberbergwerks in Pribram, sowie von demselben (1885) im Abrahamschachte bei Freiberg in Sachsen angestellt worden. Sämtliche drei Beobachtungsreihen ergaben übereinstimmend, dass die Schwere im Innern der Erde grösser ist, als an der Oberfläche; doch ist die Zunahme an allen drei Orten sehr verschieden. In Harton nimmt sie bei 383 *m* Tiefe um ebensoviel zu, als in Pribram bei 623 *m* und in Freiberg bei etwas weniger als 400 *m*. Diese anfängliche Zunahme der Schwere (die bei zunehmender Tiefe natürlich wieder in Abnahme übergehen muss) könnte man nach v. Sterneck dadurch erklären, dass wir uns gewissermassen „mit der Tiefe den dichteren Schichten in grösserem Masse nähern, als die Masse der von unserem jeweiligen Standpunkte begrenzten Kugel ihrer grösseren Dichtigkeit wegen abnimmt". Auch das ist merkwürdig, dass die Schwerezunahme in den obigen Beispielen ziemlich der Temperaturzunahme parallel geht, ein Ergebnis welches aber zunächst nur den Wert eines zufälligen Parallelismus beanspruchen kann. Im allgemeinen ergaben die Untersuchungen über die Schwere auf der Erde nach v. Sterneck folgende Resultate: 1. Es giebt Gegenden mit ganz abnormalen Verhältnissen (z. B. Kronstadt), so dass selbst Fälle vorkommen, dass die Schwere auf höheren Punkten grösser ist, als auf den tieferen. 2. Die oberirdischen Beobachtungen in Krasnáhera zeigen, dass bei plateauartigen Erhebungen bloss die Höhe und nicht die Masse der Erhebung auf die Grösse und Schwere von Einfluss ist, und bestätigen somit die Ansicht von Faye und Ferrel. 3. Die unterirdischen Beobachtungen daselbst ergeben, dass die Schwere im Innern der Berge oder Plateaus mit der Tiefe um die Hälfte des Betrages zunimmt, um welchen sie sich bei gleicher Höhe in freier Luft ändern würde.

Bestimmungen der Schwere und Lotabweichung sind auch auf den Sandwich-Inseln im Auftrage der Hawai'schen Regierung mit den Instrumenten der amerikanischen Coast-Survey ausgeführt worden. Aus den vorläufigen Resultaten ergiebt sich, dass auf der Insel Maui eine Abweichung der Lotlinie von 29.4″ vorhanden ist[1]).

Einen neuen Versuch, auf Grund möglichst genauer Daten das Volum der Kontinente und Meere zu bestimmen, hat John Murray gemacht[2]). Er findet folgende wahrscheinlichste Werte:

---

[1]) Verhandlgn. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 1889, Nr. 1, S. 403.
[2]) Journal Scot. geogr. Soc. 1888 Januar.

Land	Kubikinhalt in engl. Kubikmeilen höhere Schätzung	niedere Schätzung	Höchster Punkt des Landes engl. Fuss	Mittlere Höhe n. d. höh. Schätzung e. Fuss	n. d. nied. Schätzung e. Fuss
Europa	652750	555610	18544	939	799
Asien	9887050	8568450	29002	3189	2764
Afrika	4246350	3658800	18800	2021	1741
Nordamerika	2725500	2328550	20000	1888	1613
Südamerika	2699900	2366500	22415	2078	1821
Australien	459350	396250	7176	805	694
Ostind. Inseln u. Polynesien	443650	380750	20073	2144	1841
West-Indien	16150	13900	10300	816	700
Madagascar	91950	80150	8887	2199	1917
Neu-Seeland	44500	38760	12400	2134	1859
Japan	38000	33010	14180	1420	1235
Formosa	9850	8610	12847	2341	2063
Sachalin	13450	12100	4000(?)	1667	1505
Grönland	556350	478350	11400	3212	2762
Nowaja Semlja	14400	13650	3204	2130	2019
Spitzbergen	6200	5410	4399	1057	921
Island	12200	10610	6408	1849	1612
Tasmanien	5600	4850	5069	1068	925
Sämtliche Kontinente	21293200	18954310	29002	2252	1947

Bezüglich der Meeresbecken kommt Murray zu dem Ergebnisse einer mittleren Tiefe des Ozeans von 2076 Faden (à 1.8288 *m*), also ungefähr 200 Faden mehr, als früher Krümmel bestimmte. In Anbetracht der grossen Unsicherheit der ganzen Bestimmung könnte man hierin eine bemerkenswerte Probe der Zuverlässigkeit der Angaben erblicken, allein man darf nicht vergessen, dass beide Bestimmungen wesentlich auf den nämlichen (spärlichen) Daten beruhen, und die Annäherung beider Ergebnisse hierauf zurückzuführen ist. Nach Murray's Schätzung befinden sich 0.42 des gesamten ozeanischen Volums zwischen dem Meeresspiegel und 1000 Faden Tiefe, 0.56 zwischen 1000 und 3000 Faden Tiefe, und 0.02 entsprechen den tieferen Regionen.

Penck macht einige Bemerkungen über die von Murray angewandte Berechnungsmethode[1]) und verweist auf die von ihm bereits früher vorgeschlagene und auch schon praktisch erprobte Konstruktion der hypsographischen Kurve[2]), obgleich dieser G. Ricchieri den Einwurf gemacht habe[3]), dass sie zuviel der Geschicklichkeit und dem freien Willen des Zeichners überlasse, und dafür ein anderes Verfahren vorschlägt, nach welchem das Land in Prismen zerlegt wird, deren Oberfläche gleiches Gefälle hat. Unseres Erachtens stehen aber die Fehler der angewandten Berechnungsmethode erheblich zurück gegen die fehlerhaften und lückenhaften Grundlagen in den Angaben der Höhen und Tiefen.

Die säkulare Abkühlung des Erdballs und die dadurch eintretende Volumverminderung bildet jedenfalls ein wichtiges

[1]) Petermann's Mitteilungen 1890, S. 154. [2]) Vgl. Zeitschrift f. wissenschaftl. Geographie, Bd. VII, S. 375 und Petermann's Mitteilungen 1888, S. 213. [3]) Annuario Istituto Cartografico Italiano 1889, p. 129.

Digitized by Google

Moment bei der Gebirgsbildung[1]), wenn auch die numerischen Berechnungen von Heim, Le Conte, Thomson, Darwin und Davison sehr zweifelhaft bleiben. Geologische Gegengründe haben in dieser Frage indessen nur wenig Gewicht, umsoweniger, als manche Geologen, wie z. B. Mellard Reade, statt der Kontraktion sogar eine Dilatation als Ursache der Faltenbildung einsetzen wollen[2]). Nach seiner Ansicht ist die durch das Aufsteigen der Isogeothermen bewirkte kritische Ausdehnung der Gesteinsmassen der Hauptfaktor der Gebirgsbildung. Man wird zugeben können, dass infolge starker, mehr lokaler Temperatursteigerung in gewissen Tiefen der Erdrinde erhebliche Ausdehnungen der betroffenen Gesteinsmassen eintreten, allein die gesamte Gebirgsbildung der Erdoberfläche auf diesen Umstand zurückführen zu wollen, ist doch mehr als gewagt.

Unter Voraussetzung der von W. Thomson behandelten säkulären Abkühlung der Erde und der von Darwin nachgewiesenen teilweisen Plastizität derselben hat Davison theoretisch die Spannungsverteilung untersucht, welche infolge der säkulären Abkühlung eintreten müsse[3]). Von der Annahme ausgehend, dass die Erde von einer glatten Kugelfläche begrenzt sei und aus einer sehr grossen Anzahl konzentrischer Schalen bestehe, von denen jede so dünn ist, dass der Wärmeverlust in ihr überall als gleichmässig betrachtet werden kann, findet er: dass die Geschwindigkeit, mit welcher jede Schale ihre Wärme abgiebt, bis zu einer bestimmten Tiefe unter der Erdoberfläche zunimmt, in welcher sie ein Maximum ist, dann nimmt sie bis zum Zentrum ab; die Tiefe der Fläche grösster Abkühlungsgeschwindigkeit nimmt kontinuierlich zu und ändert sich wie die Quadratwurzel der Zeit, welche seit dem Erstarren der Erde verstrichen ist. Faltung durch seitlichen Druck erfolgt nur bis zu einer bestimmten Tiefe unter der Erdoberfläche; in dieser Tiefe verschwindet sie, und geht man noch tiefer, so macht die Faltung einer Streckung durch seitliche Spannung Platz. Wird ein sehr langer Zeitraum (ca. **174** Millionen Jahre), als seit dem Erstarren der Erde verflossen, angenommen, so findet sich, dass in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche Faltung durch Seitendruck nahe der Erdoberfläche am grössten ist und sich, abnehmend, in einer Tiefe von etwa 5 engl. Meilen in Streckung durch Seitenspannung verwandelt. Diese letztere wächst bis zu einer Tiefe von etwa **72** engl. Meilen und nimmt von da bis zu **400** engl. Meilen Tiefe ab. Die Wirkung der Streckung und Faltung der Erdrinde muss natürlich eine erhebliche Wirkung auf die Gestaltung der Oberfläche ausüben. Unter der Voraussetzung, dass die Bildung der

[1]) Vergl. Vallée Poussin in Bull. de l'acad roy. de Belgique 1888. [3]. **16.** p. 718.

[2]) T. M. Reade, the Origin of mountain ranges, London 1886.

[3]) Americ. Journal of Science 1888. [3]. **35.** p. 338

Digitized by Google

grossen kontinentalen Massen in die früheste Periode der Erdgeschichte hinaufreicht, folgert Davison, dass infolge des Druckes dieser kontinentalen Erhöhungen die Streckung unter ihr viel geringer gewesen sein müsse, als unter den ozeanischen Becken. „Deshalb muss die Streckung der Rinde durch seitliche Spannung vorzugsweise stattgefunden haben unter den Meeresbecken, wodurch dieselben vertieft und in ihrem Charakter gesteigert worden sind. Und indem sie zu dem kontinuierlichen Sinken des Meeresgrundes führte, ist sie offenbar auch eine physikalische Ursache der allgemeinen Permanenz der Meeresgebiete; eine Ursache freilich, die von der Oberfläche stetig weiter zurückweicht und an Intensität abnimmt mit wachsender Zeit, aber wahrscheinlich auch jetzt nicht unwirksam ist. Da ferner die Grösse der Rindenstreckung durch seitliche Spannung bedeutend im Überschusse ist gegen die Grösse der Rindenfaltung durch Seitendruck infolge der sekulären Abkühlung, so folgt, dass die Faltung unter dem Meeresbette wenig mehr leisten kann, als die Schnelligkeit seines Vertiefens vermindern. Die Wirkung der Faltung auf die Änderung der Gestalt der Erdoberfläche wird somit am deutlichsten sein in den kontinentalen Gebieten, namentlich in denjenigen Regionen, wo die Änderung des vertikalen Druckes oberhalb der gefalteten Schichten am schnellsten abnimmt, d. h. in der Nähe der Küstenlinien, wo das Gefälle nach den Meerestiefen am grössten ist. Es verdient bemerkt zu werden, dass dies die Gegenden sind, in denen Erdbeben und vulkanische Thätigkeit am meisten vorherrschen. In den Küstengegenden werden ferner die Produkte der Abnagung der Kontinente vorzugsweise abgelagert, und die Gesteinsfaltung, die einfach herrührt von der säkulären Abkühlung, erzeugt in den mächtigen Massen der Sedimente noch stärkere Zermalmung und Faltung. Die Richtung der Falten wird senkrecht sein zur durchschnittlichen Neigung der Oberfläche über ihnen, d. h. sie werden im allgemeinen parallel zur Küstenlinie sein. Daher werden die Kontinente wachsen durch Bildung von Gebirgsketten längs ihrer Ränder. Für eine gegebene Zeit war die Grösse der Gesteinsfaltung infolge der säkulären Abkühlung am grössten in den ersten Epochen der Erdgeschichte, und sie nahm ab mit zunehmender Zeit. Hieraus folgt nicht notwendig, dass die alten Gebirgszüge die höchsten und massigsten gewesen, sondern sie waren es nur wahrscheinlich, und ebenso war möglicherweise die Verschiebung durch Zerquetschen und Falten zweier benachbarter Felspartien in den ältesten Zeiten am grössten. Aber wenn man die ganze Oberfläche der Erde berücksichtigt, so nimmt der Gebirgsbildungsprozess ab mit Zunahme der Zeit und in gleicher Weise die Geschwindigkeit der Kontinententwickelung.

Bemühungen, die Gestaltsveränderungen, welche die Erdoberfläche infolge der Zusammenziehung beim Er-

Digitized by Google

kalten erleidet, auf dem Wege des Versuchs zu ermitteln, sind nur ganz vereinzelt angestellt worden. In neuester Zeit hat A. Daubrée sich mit derartigen Arbeiten beschäftigt[1]), wobei er natürlich nur unter Bedingungen experimentieren konnte, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit den Zuständen der Erde haben, keineswegs aber diesen völlig oder auch nur in den Hauptpunkten gleichen. Daubrée nahm zu seinen Versuchen Ballons aus vulkanisiertem Kautschuk, die innen mit Kautschukscheiben belegt waren derart, dass die Wandstärke von zwei Polen aus immer geringer wurde. Sobald sich durch Druck von innen ein solcher Ballon ausdehnt, verwandelt er sich in ein Sphäroid von um so grösserer Abplattung, je stärker der innere Druck wird. Durch eine Kautschukschnur, welche beide Pole mit einander verband, wurde die Abplattung noch vergrössert. Ein derartiger Ballon ward durch ein Rohr mit Wasser angefüllt, welches einen Druck ausübte, der einer Wassersäule von 40 *m* Höhe entsprach. Nunmehr wurde das Sphäroid mit Schichten überzogen, die aus geschmolzenem Stearin und Gips, Wachs, Paraffin, Siegellack u. s. w. bestanden, wobei sich herausstellte, dass geschmolzenes Paraffin und in Alkohol gelöstes Bienenwachs die besten Resultate lieferten. Dieser Überzug entsprach in den Versuchen der Erdrinde, deren Dicke 0.1 bis 0.2 *mm* betrug. Bei den Versuchen liess Daubrée das im Ballon befindliche Wasser tropfenweise abfliessen und sah nun sogleich, dass der Überzug sich kontrahierte und Brüche erhielt. Zunächst entstanden an jeder Seite des Äquators und in dessen Nähe zwei ihm parallele Risse. Einige Augenblicke später erschienen andere, gleichfalls längs der Parallelkreise verlaufende Spalten in der Nähe der ersteren; sie bildeten sich nach und nach in immer grösseren Abständen vom Äquator. Indem sie sich allmählich verlängerten, nahmen sie einen Bogen von 60 bis 80 Grad und mehr ein. Die Bildung dieser Brüche hörte auf in den Polargegenden, welche durch ihre übermässige Dicke geschützt waren. Es entstanden auch Spalten, welche sich den Meridianen näherten, aber viel seltener und langsamer. In dem Masse, als die Kontraktion des Kerns sich fortsetzte, änderten die Spalten nach und nach ihre Eigentümlichkeiten. Die beiden Ränder jeder Spalte trennten sich vom Kern, richteten sich dachförmig auf, und es brach die höchste Kante ab. Oft wurde eine der beiden Seiten zurückgedrängt über die andere, welche sich umstülpte, so dass sie sich teilweise bedeckten. Diese Faltungen zeigen freilich im ganzen wenig Ähnlichkeit mit den auf der Erde vorkommenden, insofern sie sich vorzugsweise parallel dem Äquator bildeten, was Daubrée durch die grössere Dicke seiner Ballons an den Polen und den diese letzteren verbindenden Faden erklärt. Wurde der Paraffinüberzug in dickerer Schicht hergestellt, und zog sich

[1]) Comptes rendus **110.** p. 983 und 1017.

Digitized by Google

der Ballon langsam zusammen, so vermochte die starre Hülle nicht zu folgen und löste sich stellenweise ab. Es bildeten sich Wölbungen, meist ohne Brüche, und unter den Wölbungen Hohlräume zwischen Rinde und Kern.

Ausser diesen Versuchen wurden noch andere angestellt, zum Zwecke, Deformationen einer sich zusammenziehenden Kugelhülle zu beobachten unter dem Einflusse von Drucken, welche senkrecht zu ihrer Oberfläche wirken. Eine sehr einfache Art dieser Versuche besteht darin, dass man das Innere von Kautschukballons allmählich evakuiert, so dass sie durch den äusseren Luftdruck zusammengedrückt werden. Die Oberfläche erleidet jetzt, senkrecht zu ihr, Drucke, wie solche bei unserer Erde unter der Wirkung der Schwere stattfinden. Zu diesen Versuchen wurden Ballons verschiedener Art, die mit einer Röhre versehen waren, verwendet; die einen hatten eine gleichmässige Dicke, andere waren verstärkt teils durch eine Verdickung an der Röhre, teils durch eine zweite Verdickung am entgegengesetzten Ende des Durchmessers. Eine in der Mitte ausgezogene und am Ballon befestigte Glasröhre ermöglichte das Zuschmelzen, nachdem der Ballon der Wirkung einer Luftpumpe ausgesetzt worden, und das Aufbewahren desselben mit seiner Deformation. Die Gestaltungen, welche unter diesen Versuchsbedingungen entstanden, änderten sich in jedem Augenblick in dem Masse, als die Zusammenziehung zunahm. Sie zeigten zuweilen eine merkwürdige, aber keine geometrische Regelmässigkeit.

Statt zahlreiche Runzeln zu erhalten, erlitten die Ballons Einbiegungen von relativ grosser Amplitude. Oft begann die Zusammenziehung mit der Depression einer ganzen Hälfte des Sphäroids, später wirkte sie auf die andere Hälfte und teilte das Ganze in zwei Vertiefungen. Wiederum sah man eine kreisförmige Depression, welche, sich vertiefend, die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks annahm, dann bei der weiteren Vertiefung die Umrisse eines Quadrates.

Eine Kugel, welche an den Polen Verstärkung besass, ergab bei zahlreichen Wiederholungen eine besonders erwähnenswerte Umgestaltung. Nachdem sich eine grosse regelmässige Falte längs des Äquators gebildet hatte, haben die verstärkten Polargegenden, nachdem jede einen dreiseitigen Umriss angenommen, sich bald mit einander verbunden durch drei gebogene Kämme, welche in demselben Sinne gedreht waren, so dass sie eine rohe Nachahmung eines Pentaëders mit gekrümmten Flächen bildeten.

Diese verschiedenen Gestaltungen haben sich bei einer ziemlich zahlreichen Reihe von Versuchen regelmässig gezeigt. Wenn der Ballon sich erst zusammenzog und dann die ursprüngliche Kugelgestalt wieder annahm infolge des allmählichen Eindringens von Luft, so entstanden nacheinander dieselben Änderungen der Umrisse der Vertiefungen, aber in umgekehrter Reihenfolge.

Digitized by Google

Daubrée hat auch Versuche mit Metallkugeln aus Kupfer, Messing, Zink, Zinn und Blei angestellt, die einen Durchmesser von 0.1 *m* und eine Wanddicke von $^1/_2$ bis $^1/_4$ *mm* hatten. Sie wurden in einen mit Wasser gefüllten Stahlcylinder gebracht und dort Drucken zwischen 8 und 50 Atmosphären ausgesetzt. Alle wurden teilweise zerdrückt, indem sie eine Depression über einem grossem Teile ihrer Oberfläche annahmen. Die Vertiefung zeigte einfache und regelmässige Umrisse, bald eine spindelförmige Gestalt, bald rautenförmige oder dreieckige Umrisse.

Daubrée glaubt, dass durch diese oder ähnliche Experimente gewisse Charaktere der allgemeinen Gestaltung der Erdoberfläche nachgeahmt werden und das Verständnis der natürlichen Erscheinungen gefördert werde, ja er meint sogar, damit das Verständnis der merkwürdigen Konfiguration der Marsoberfläche zu erleichtern. Wir sind nicht geneigt, diesen weitgehenden Schlussfolgerungen beizupflichten, und müssen es als völlig ungerechtfertigt erklären, nun, wo die Versuche keine Analogie der Deformationen mit denjenigen der Erdoberfläche erkennen lassen, daraus, auf flüchtige Ähnlichkeiten gestützt, Erklärungen über die Marsoberfläche abzuleiten. Es ist dies keineswegs ein wissenschaftliches Verfahren, und der wahre Schluss aus den Daubrée'schen Experimenten kann nur dahin lauten, dass sie nichts Sicheres über die Gestaltung der Erdoberfläche infolge der Kontraktion des Erdballes ergeben haben.

Den Einfluss der Schrumpfung der Erdrinde infolge der allmählichen Abkühlung des Erdballes hat auch A. de Grossouvre nachzuweisen versucht[1]). Eine flüssige Masse, deren Dichte gegen den Mittelpunkt hin zunimmt, hat als Gleichgewichtsfigur das Rotationsellipsoid, dessen Abplattung für jede Schicht um so geringer ist, je näher diese Schicht dem Zentrum liegt. Von diesen theoretischen Schlussfolgerungen ausgehend, behauptet Verfasser, dass die Abkühlung der Erde zuerst eine Rinde von der Gestalt eines Rotationsellipsoids erzeugte, dessen Elliptizität von den zur Zeit des Erstarrens herrschenden Bedingungen abhing. Bei der weiteren Abkühlung kontrahierte sich der innere, flüssige Kern schneller als die Rinde, die Spannungen in dieser mussten fortschreitend zunehmen, und die Teile, welche am wenigsten Festigkeit besassen, wurden gefaltet und über einander geschoben; dann kam ein Moment, wo die Grenze des Widerstandes erreicht war, und eine mehr oder weniger plötzliche Katastrophe trat ein; die feste Rinde zerbrach, sank nieder und erreichte unter Faltung die Gestalt des flüssigen Kernes, der ihr als Stütze diente. Nach den Ergebnissen der Laplace'schen Analyse war nun die Gleichgewichtsfigur dieses inneren Kernes ein Rotationsellipsoid mit geringerer Elliptizität, als die des

---

[1]) Comptes rendus **107.** p. 827.

Digitized by Google

ursprünglichen Ellipsoids, da die Dichte des jetzigen flüssigen Kernes grösser war, als die Dichte der Gesamtkugel. Es folgte nun eine Periode des Gleichgewichts; da jedoch die Abkühlung weiter ging, entstand durch die Kontraktion des flüssigen Kernes eine neue Krise, und die Erdrinde musste sich ein zweites Mal über einander schieben und falten, um sich der Gestalt des verkleinerten, flüssigen Kernes anzupassen, dessen Gleichgewichtsfigur ein neues Rotationsellipsoid war, das eine noch kleinere Elliptizität hatte, als das vorangegangene, aus den bereits entwickelten Gründen. Sonach sind also die successiven Gestalten der Erde Rotationsellipsoide gewesen, deren Abplattung nach und nach abgenommen hat; mit anderen Worten, der Durchmesser des Äquators hat schneller abgenommen als die Axe der Pole, und es folgt daraus, dass die grossen Umgestaltungen sich immer weiter nach Süden entfernt haben. Grossouvre glaubt, dass die geologischen Beobachtungen diese Schlussfolgerung bestätigen, allein diese Beobachtungen sind in Bezug auf die Erdumgestaltung als Ganzes doch zu fragmentarisch und unsicher, als dass man ihnen grosses Gewicht beilegen könnte. Auch ist es fraglich, ob die Deduktionen des Verfassers aus der Laplace'schen Theorie stichhaltig sind.

Was die erste Erstarrungskruste unseres Erdballes anbelangt, so ist es sehr fraglich, ob überhaupt Teile derselben jemals von Menschenaugen gesehen wurden, jedenfalls könnten dieselben, wie H. Rosenbusch richtig hervorhebt[1]), nur in den letzten Abteilungen des Grundgebirges zu suchen sein.

Umformung der Erdoberfläche durch Luft und Wasser. Die Rolle, welche die mechanische Thätigkeit des Wassers und der Luft in der Modellierung der Erdoberfläche spielt, ist erst in jüngerer Zeit richtiger erkannt und gewürdigt worden. Statt der plötzlich und konvulsivisch wirkenden Kräfte, welche man ehedem in der Erdgestaltung vorzugsweise thätig glaubte, ist die langsame, aber ununterbrochene, teils mechanische, teils chemische Wirkung des Wassers und der Luft mehr in Betracht gezogen worden, und es hat sich dabei herausgestellt, dass diese Agenzien eine ungleich grössere Rolle auf diesem Gebiete spielen, als man jemals geglaubt.

Powell hat die Gesetze der Landabtragung durch das Wasser sehr lange studiert[2]) und kommt zu folgenden Ergebnissen[3]). Die Oberfläche des Landes zerfällt auf verschiedene Weise und wird durch Regen und schmelzenden Schnee abgewaschen. Der Regen sammelt sich zu Strömen, in Bächen, Flüsschen und Flüssen und transportiert die desintegrierten Gesteine von einem Ort zum anderen. Diese allgemeine Oberflächen-

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1889. **2.** p. 81 u. ff.
[2]) Science **12.** p. 229. [3]) Naturw. Rundsch. 1889. Nr. 11. p. 141.

abtragung wird „Erosion“ genannt. Während des Transportes graben sich die Ströme Kanäle, und dieses Kanaleinschneiden wird „Korrosion“ genannt. Durch die Erosion und die Korrosion werden Klippen erzeugt, und die Klippen brechen infolge der Schwere zusammen. Diese Art der Abtragung wird das Untergraben (sapping) genannt. Die Erosion besteht aus dem Zerfall der Felsen, dem Verladen des Zerfallenen und dem Transport desselben im Wasser; ebenso umfasst die Korrosion dieselben drei Prozesse, während das Unterminieren nur aus dem Desintegrieren und Herunterfallen besteht. Die vom Wasser fortgeführte Last schwimmt entweder im Wasser oder wird am Boden fortgetrieben. Im ersten Falle wird sowohl die Last, wie das Vehikel durch die Schwere transportiert, und zwar kann das Vehikel sich wohl ohne die Last, aber letztere nicht ohne ersteres fortbewegen. Da die Last ein grösseres spezifisches Gewicht hat als das Vehikel, so wird erstere beim Schwimmen auch zu Boden sinken und dort zur Ruhe kommen; die Schnelligkeit, mit welcher dies geschieht, hängt von dem spezifischen Gewichte und dem Volum der Partikel ab; nicht minder aber von der Schnelligkeit und der Tiefe des Wassers. Während das Wasser abwärts fliesst, rollt es Sedimente an dem Boden seines Bettes fort. Dies ist aber nur möglich, wenn die Masse, welche fortgeführt werden soll, dem Wasser Angriffsflächen bietet, d. h. wenn die Oberfläche des Bodens ungleichmässig ist. Diese Ungleichmässigkeit kann so gross sein, dass das Material gehoben wird und dann im Vehikel schwimmend durch seine eigene Schwere weiter transportiert wird. Für das gerollte Material liefert aber das Wasser die zum Transport erforderliche Energie. Alles, was getrieben wird, wird durch die Energie des Wassers transportiert; alles, was schwimmt, wird durch seine eigene Schwere transportiert. Bei gleichem Volum des Wassers nimmt die Tiefe ab, wenn die Geschwindigkeit zunimmt; durch erhöhte Geschwindigkeit wird der Weg der Teilchen verlängert, durch Abnahme der Tiefe wird er verkürzt. Andererseits vermag die erhöhte Geschwindigkeit grössere Partikel zu treiben. Die Reibung des reinen Wassers ist so gering, dass es an harten Formationen keine Korrosion hervorbringen kann; ist hingegen die Formation eine lose, so kann die Korrosion durch den Anprall des Wassers bewirkt werden, wenn die Partikel Angriffsflächen darbieten. Die Oberfläche des Bodens muss ungleichmässig sein, und seine Desintegration kann nur durch die schwimmenden Partikel veranlasst werden, welche auf ihrem Transporte die Stelle passieren. Je grösser daher die schwimmende Last, desto grösser die Korrosion. Die Neigung des Bodens und die geologische Beschaffenheit desselben haben, wie leicht verständlich, auf die Korrosion einen bedeutenden Einfluss; erstere kann selbst bis zur Bildung von Wasserfällen führen. Wo die Korrosion am grössten, und das ist in der Linie der stärksten

Digitized by Google

Strömung der Fall, da wird der Kanal immer tiefer und gleichzeitig auch enger. Diesem Engerwerden wirkt aber das Einstürzen der unterminierten Uferränder entgegen, welches nur bei gleichmässig hartem Gesteine unter Bildung von tiefen Kañons ausbleibt, sonst aber neues, meist loses Material dem Wasser zuführt, das teils schwimmt, teils am Boden getrieben wird. Die schwimmende Last beeinflusst die Korrosion durch das Niedersinken der Teilchen, und umgekehrt werden oft die getriebenen Massen gehoben und schwimmen weiter.

Die untere Erosionsgrenze der fliessenden Wasser findet Penck [1]) in dem Stadium, in welchem das Gefälle nicht mehr ausreicht, die feinsten Schlammteilchen zu bewegen. Flüsse mit einem Gefälle von 4 *m* auf 1000 *m* gehören bereits zu den Stillwassern. Die lebendige, auf die Bettwandungen mechanisch wirkende Kraft beträgt bei grossen Flüssen in normalen Zeiten nur etwa $^1/_{1000}$ der ganzen Kraft, bei Wildwassern bis $^1/_3$. Selbst bei 16 *cm* Gefälle auf 1 *km*, nach französischen Quellen sogar noch bei 6 *cm*, ist fliessendes Wasser noch von einer wenn auch äusserst geringen transportierenden Wirksamkeit. In entsprechend langen Zeiträumen werden also Flüsse ihr Gebiet abtragen, bis die unterste Grenze des Denudationsniveaus erreicht ist. Hiernach müssten vom Standpunkt dieser Theorie aus die Kontinente schliesslich aus Ebenen bestehen, die von firstartig verlaufenden spitzen Dämmen, den Wasserscheiden, durchschnitten werden, wo die Wirkung der Denudation minimal ist. Dass solche Gebiete auf der Erde nicht angetroffen werden, ist eine Folge der Gesteinsverwitterung und der meteorologischen Einflüsse, welchen gegenüber solche steilwandige Dämme sich nicht halten können. Sie werden durch diese nivellierenden Einwirkungen in flache Terrainwellen umgeformt, die ausserhalb der Sphäre der mechanischen, erodierenden und denudierenden Thätigkeit des Wassers liegen.

2. Boden- und Erdtemperatur.

Beobachtungen über die Bodentemperatur sind in dem Zeitraume von Mai 1880 bis August 1886 Allahabad stündlich angestellt worden, und zwar in drei verschiedenen Tiefen, unmittelbar an der Oberfläche (1.2 *cm* tief) und in 3 engl. Fuss (91.5 *cm*) Tiefe. Die mittlere tägliche Schwankung der Temperatur beträgt am Boden 12.7°C., in 3 Fuss Tiefe nur 0.1°C., und in letzterer verspäten sich die Maxima und Minima um volle zwölf Stunden. Im Jahresmittel ist die Temperatur an der Oberfläche des Bodens (nämlich 27.3°C.) um 1.4°C. höher als die wahre Lufttemperatur, und zwar ist der Unterschied in den heissen Monaten grösser als in den minder warmen. Das Maximum der

[1]) Verhandlungen des 8. deutsch. Geographentages 1889. p. 91.

Digitized by Google

Bodentemperatur (36.3 °C.) fällt auf den Mai, ebenso dasjenige der Luftwärme (33.1 °C.), das Minimum (17° am Boden, 15.2° in der Luft) auf den Dezember. Überaus merkwürdig ist die Thatsache, dass die Temperatur von der Oberfläche bis zu 3 Fuss Tiefe steigt, und zwar im Jahresmittel um 0.3 °C. S. A. Hill, der die Bearbeitung der Beobachtungen ausgeführt hat[1]), glaubt, dass die Erscheinung durch eine Anhäufung von Wärme im Boden aus vorjährigen heissen Jahren zu erklären sei, und weist darauf hin, dass die Differenz zwischen der Oberflächentemperatur und jener in 3 Fuss Tiefe in den einzelnen Jahren recht ungleich, 1885 sogar negativ war, indem damals die Oberfläche wärmer als die Tiefe blieb. Die Kurve der Bodentemperatur schliesst sich genau der Kurve der Sonnenstrahlung an, wie solche aus den Beobachtungen an einem Thermometer mit geschwärzter Kugel 1876—85 in Allahabad sich herausstellte. Auf dem Wege der Rechnung findet Hill, dass das Minimum der Sonnenstrahlung im Jahre 1883 eintrat, dasjenige der Bodentemperatur in 3 Fuss Tiefe und ebenso dasjenige der Lufttemperatur 5 Monate später. Nach Hill's Ansicht ändert sich die Strahlungsintensität der Sonne mit der Fleckenhäufigkeit innerhalb der bekannten 11 jährigen Periode, und diese Änderung würde von der Bodentemperatur schärfer als von der Luftwärme wiedergespiegelt.

Auch in Katharinenburg (50° 56′ n. Br., 66° 38′ ö. L. v. Gr., 280 *m* Seehöhe) sind Beobachtungen der Bodentemperatur angestellt worden in den Jahren 1881—83[2]), und zwar an der Oberfläche, in 0.35, 0.80, 1.60 und 3 *m* Tiefe. Auch hier zeigte sich eine starke Zunahme der Bodenwärme, und zwar bis zu 3 *m* Tiefe. Folgende Zahlen zeigen uns die Jahresmittel von:

	1881 °C.	1882 °C.	1883 °C.
Lufttemperatur	1.00	0.80	1.00
Bodenoberfläche	2.22	2.13	2.37
0.35 *m* Tiefe	3.73	3.37	3.35
0.80 „	4.38	3.86	3.71
1.60 „	5.14	4.54	4.24
3.00 „	4.98	4.85	4.70

Über die Temperaturverhältnisse der Grotten von St. Canzian bei Triest hat sich A. Penck verbreitet[3]), auf Grund der Beobachtungen, welche die mutigen Erforscher jener Höhlen, A. Hanke, J. Marinitsch und Fr. Müller, bei verschiedenen Versuchen derselben angestellt haben. Im ganzen erstrecken sich die Beobachtungen nur auf 27 Tage während des Zeitraums vom 20. Januar 1884 bis 8. April 1888, und Penck fand daraus folgendes:

---

[1]) Indian Meteorol. Memoires **4.** p. 139—162.
[2]) Rep. für Meteorol. **11.** Nr. 4.
[3]) Meteor. Zeitschrift 1889. p. 161.

Digitized by Google

1. Es herrscht in den Grotten von St. Canzian keine gleichbleibende Temperatur, sondern das Thermometer weist eine ausgesprochene jährliche Schwankung auf, welche am Eingange der Grotte am beträchtlichsten ist und sich im Verlaufe derselben etwas abtönt. In der ersten Kammer der Höhle ist die niedrigste beobachtete Temperatur —3° C., die höchste 22°, so dass hier die Extreme um 25° auseinanderliegen. In den äussersten bisher erschlossenen Domen in einer Entfernung von durchschnittlich 1 *km* vom Eingange aber beläuft sich die Jahresschwankung an der Reka immer noch auf 16°, das Minimum ist 1°, das Maximum 17° C. In den schlauchartigen Seitenästen scheint die Schwankung noch geringer zu sein.

2. Die Grottentemperatur folgt den täglichen Änderungen der Oberflächentemperatur nicht oder nur in beschränktem Masse.

3. Die Grottentemperatur ist im Sommer konstant, und zwar um 4—7° niedriger als die Temperatur der Reka, und umgekehrt im Winter um 1—2° höher als jene des Flusses, und diese ist im Winter im Innern um 1° höher, im Sommer um 1° niedriger als am Eingange.

4. Die mittlere Temperatur der Grottenluft ist merklich niedriger, als nach der Meeresfläche erwartet werden sollte. „Alle die angeführten Thatsachen", sagt Penck, „finden eine befriedigende Erklärung in der Funktion der Höhle als Wasserkanal. Mit sehr schwankender Temperatur tritt die Reka in die Grotten, im Sommer erwärmt sie hier die Umgebung, im Winter wird sie durch dieselbe erwärmt, wie schlagend daraus erhellt, dass das Wasser im See der grossen Doline im Winter etwa um 1° kälter als in den äussersten Grottenpartien ist, während im Sommer das umgekehrte Verhältnis statt hat. Überdies reisst das rasch fliessende Wasser Luft mit in die Grotte, und daraus mag sich erklären, dass Vereisungen, bis zum 6. Wasserfalle, etwa 500 *m* vom Grotteneingange angetroffen werden, und dass in Seitenwinkeln die Wintertemperaturen höher sind als nahe dem Flusse. Aber allen diesen an und für sich leicht verständlichen Verhältnissen wird besonderes Interesse dadurch zugeführt, dass die Grotten sehr tief unter Tage liegen, weswegen sich hier der Einfluss der Bodentemperatur sehr intensiv geltend machen sollte. Nach der üblichen Regel sollte in den inneren Partieen der Grotte eine Temperatur herrschen, welche 7—8° höher als die Oberflächentemperatur wäre, also 16—17°. Es ist schon die Grottentemperatur um 6—7° zu niedrig, dies scheint aber nicht bloss von den bereits erforschten Teilen der Höhle, sondern von dem gesamten unterirdischen Laufe der Reka zu gelten."

Im Bohrloch zu Schladebach, das mit 1748 *m* gegenwärtig das tiefste Bohrloch der Erde ist, sind nach Vorschlägen von E. Dunker überaus sorgfältige Temperaturbeobachtungen an-

Digitized by Google

gestellt worden. Gemäss den Untersuchungen des genannten [1]), fand sich im Mittel eine Zunahme der Temperatur von 1° C. auf je 35.7 *m*. Die höchste gemessene Temperatur betrug 56.6° C. in 1716 *m* Tiefe.

Einen störenden Einfluss auf die regelmässige Temperaturzunahme übt, wie Huyssen nachgewiesen, das ungleichmässige Wärmeleitungsvermögen der durchbohrten und der darüber liegenden Gesteine aus. Huyssen ist der Ansicht [2]), dass die zuverlässigsten Beobachtungen am Schladebacher Bohrloch erhalten wurden, und zwar speziell diejenigen aus 1266 — 1716 *m* Tiefe, da diese sogleich und vor der Verrohrung ausgeführt wurden. Sie ergaben eine geothermische Tiefenstufe von 39.55 *m* auf 1° C. Die Beobachtungen im Sennewitzer Bohrloch bei Halle (1111 *m* Tiefe) ergaben fast das gleiche Resultat, allein letztere sind für die Beurteilung der Wärmezunahme des Erdkörpers wertlos, da in 471 *m* Tiefe eine Soolquelle angetroffen wurde, und eine zweite (kalte) in 604 *m* Tiefe in das Bohrloch tritt, erstere erhöht die Temperatur anormal, letztere drückt sie herab [3]).

Sehr richtig sagt F. Wahnschaffe [4]). „Wenn man das Material überblickt, welches hinsichtlich der Wärmeverhältnisse des Erdinnern bisher erbracht worden ist, so scheint es bei dem jetzigen Stande unseres Wissens unberechtigt, aus den vorliegenden Beobachtungen das Verhältnis der Wärmezunahme nach der Tiefe durch Berechnungen feststellen zu wollen. Zwar hat man an und für sich im Schladebacher Bohrloche die beträchtliche Tiefe von rund 1650 *m* unter dem Meeresspiegel erreicht, eine Tiefe, welche die Erhebung der Schneekoppe über den Meeresspiegel noch um 45 *m* übertrifft. Trotzdem jedoch ist diese Tiefe des Bohrlochs eine nur geringe, wenn man sie mit der Länge des Halbmessers unserer Erde vergleicht, denn sie beträgt nur $^1/_{3641}$ desselben. Bei einer Kugel von 1 *m* Durchmesser würde ein solches Bohrloch nur wenig über $^1/_{10}$ *mm* betragen. Wenn wir von der allgemein herrschenden, auf der Kant-Laplace'schen Theorie sich gründenden Annahme ausgehen, dass die Masse der Erde sich ursprünglich in einem glühend flüssigen Zustande befunden und durch allmähliche Ausstrahlung ihrer Wärme in dem kalten Weltenraum sich abgekühlt habe, so muss die Wärmeabgabe an der Oberfläche eine bedeutendere als nach innen zu gewesen sein. Die Temperaturdifferenzen werden daher in der äussersten Schale am grössten sein müssen, während sie nach innen zu allmählich abnehmen. Es wird sich mit anderen Worten die Wärmezunahme nach innen zu verlangsamen, d. h.

---

[1]) Jahrbuch f Mineralogie 1889. **1.** p. 29—47.
[2]) Verhandlung des 8. deutschen Geographentages 1889. p. 225—35.
[3]) Köbrich, in der Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im pr. Staate 1889. **37.** p. 171. [4]) Potonié's Wochenschrift 1890. Nr. 18. p. 175.

die geothermische Tiefenstufe wird in diesem Falle grösser und grösser werden. Da man nun gar keinen Anhalt dafür besitzt, in welchem Grade die Wärmezunahme sich in den tieferen Teilen des Erdinnern verlangsamt, so sind alle Temperaturangaben, die man für grössere Tiefen berechnet hat, rein hypothetisch."

3. Erdmagnetismus.

Die Erforschung des magnetischen Charakters der Erdoberfläche wird von verschiedenen Beobachtern betrieben, doch ist in dieser Beziehung noch ausserordentlich vieles, ja, man darf wohl behaupten, noch das meiste zu thun, und auch vom Standpunkte eines tieferen Verständnisses der erdmagnetischen Erscheinungen in bezug auf Ursprung und Verknüpfung mit anderen tellurischen oder kosmischen Phänomenen bietet unser jetziges Wissen kein hervorragendes Bild.

Über die täglichen Veränderungen hat Arthur Schuster eine mathematische Untersuchung angestellt [1]), aus welcher er folgert, dass die Vertikalkräfte der täglichen Oszillation sich durch die Annahme erklären lassen, die Ursache der letzteren befinde sich ausserhalb der Erdoberfläche und induziere Ströme in der Erde, wobei das Leitungsvermögen der tieferen Schichten geringer als dasjenige der oberflächlichen Teile anzunehmen ist. Es gewinnt nach Schuster's Meinung die Hypothese von Balfour Stewart an Wahrscheinlichkeit, wonach Luftströmungen, indem sie die magnetischen Kraftlinien durchkreuzen, die täglichen Schwankungen verursachen. Dieser Ansicht stimmt auch Lagrange bei [2]), welcher den Erdmagnetismus als einen Spezialfall eines sehr allgemeinen elektrodynamischen Problems betrachtet.

Was die säkulare Variation anbelangt, die gemäss den Beobachtungen seit etwa 300 Jahren hervorgebracht wird durch eine langsame Ortsveränderung des ganzen magnetischen Systems von Ost gegen West, so kommt Lagrange zu dem Resultate, dass diese Veränderung nur allein zugeschrieben werden könne dem Umstande, dass die Erde sich in einem magnetischen Felde bewege, nämlich demjenigen der rotierenden elektrischen Sonne.

Örtliche Störungen der magnetischen Deklination in verschiedenen Teilen Englands sind nach Thorpe und Rücker nicht durch Erdströme, sondern einfach durch magnetisches Gestein (Basalt, Diorit) zu erklären. Eine ähnliche Ansicht hat schon vorher O. E. Meyer auf Grund seiner Messungen im Riesengebirge ausgesprochen [3]). Er fand, dass sowohl die Horizontalintensität als auch die Inklination, folglich also auch

[1]) Nature **39.** p. 622.
[2]) Vierteljahrsschrift der Astronom. Gesellschaft **24.** p. 259 u. ff.
[3]) 66. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur 1888. p. 49.

Digitized by Google

die Gesamtintensität der erdmagnetischen Kraft mit zunehmender Höhe in merklichem Grade wuchs. Da aus zahlreichen Messungen an anderen Orten das Gegenteil sich ergeben, so schloss er, dass wahrscheinlich die Gesteine, aus denen das Riesengebirge besteht, magnetisch sind. Am Zobtenberge, den er nach dieser Richtung hin systematisch untersuchte, fand er seine Vermutung grösstenteils bestätigt. Auf dem Gipfel zeigte sich eine deutliche Zunahme des Magnetismus, desgleichen auf der Westseite; auf der Südseite, wo der Zobten mit dem benachbarten Geiersberge durch einen niedrigen Sattel zusammenhängt, fand er eine unverkennbare Verminderung. An der Ostseite, welche der Ebene zugewandt ist, erwies sich der Erdmagnetismus als nahezu normal. Dagegen beobachtete er am Fusse des steilen Bergabhanges auf der Nordseite keineswegs die erwartete Abnahme, sondern er erhielt einen noch grösseren Wert der Horizontalkomponente, als man auf dem Gipfel des Berges gefunden hatte. Nun ergiebt ein Blick auf die geologische Karte dieses Gebirges, dass die Nord- und die Westseite des Berges von Granit, die Spitze von Gabbro, die Süd- und die Ostseite von Serpentin gebildet wird Es fällt also das Gebiet des verminderten Magnetismus mit dem Gebiet des Serpentins zusammen. Dasselbe einfache Verhältnis zeigt sich bei allen, auch in anderen schlesischen und böhmischen Gebirgen angestellten Messungen bestätigt. Überall, wo Granit oder der aus den gleichen Bestandteilen gebildete Gneiss ansteht oder nahe unter der Erdoberfläche liegt, fand sich der Erdmagnetismus verstärkt. Es wirkt also wesentlich nur das unmittelbar unter den Füssen des Beobachters liegende Gestein, nicht die zur Seite ruhende Gebirgsmasse mit, um die Verstärkung des Erdmagnetismus zu stande zu bringen. Hiernach darf man sich über die Lage der magnetische Axe im Gestein wohl nur die Vorstellung bilden, dass sie mit der Richtung der Inklinationsnadel zusammenfällt. Nach dieser Annahme würde die Oberfläche des Zobtenberges südlichen Magnetismus, wie der geographische Nordpol der Erde, annehmen, während die zugehörigen magnetischen Nordpole tief im Inneren des Berges verborgen sind. Eine solche Magnetisierung des Berges wirkt auf eine nahe dem Berge befindliche Magnetnadel in dem Sinne ein, dass der Erdmagnetismus verstärkt erscheint.

Eschenhagen, der eine vollständige magnetische Aufnahme des Harzgebirges ausgeführt hat, kommt auch zu dem Ergebnisse, dass die erdmagnetischen Elemente ungleich mehr durch den Gesteinsmagnetismus als durch Bruchlinien im Gesteinszusammenhange beeinflusst werden [1]).

E. Naumann führt dagegen aus [2]), dass kein Grund zu der

---

[1]) Verhandl. d. 8. deutsch. Geographentages. Berlin 1889. p. 72 u. 74.
[2]) Geolog. Mag. 3. Dec. 1889 6. p. 305 u. 306.

Digitized by Google

Annahme sei, der Verlauf der magnetischen Linien auf dem Erdball werde in wesentlichem Grade durch den Gesteinsmagnetismus beeinflusst. Er betont ferner nachdrücklich die hohe Bedeutung der genauen Erforschung der magnetischen Verhältnisse der Erdoberfläche und plädiert für eine internationale magnetische Aufnahme der ganzen Erde. Offen gesagt, können wir uns von einem so ungeheueren Unternehmen keinen dem Mühe- und Zeitaufwande entsprechenden Erfolg denken. Gerade die magnetischen Beobachtungen haben, trotz der ungeheueren Menge von Ziffern und Zahlen, die durch sie aufgehäuft worden sind, bis jetzt nur wenig Resultate ergeben, höchstens nur schätzbares Material, das vielleicht einmal verwertet werden kann, vielleicht aber auch nicht, ähnlich vielen Millionen meteorologischer Ziffern, die niemand ansieht

Die normalen täglichen Schwankungen der magnetischen Deklinationsnadel werden bekanntlich häufig durch mehr oder weniger starke und plötzliche Bewegungen der letzteren unterbrochen, welche man Störungen nennt. Durch diese wird die genaue Bestimmung des täglichen Ganges der Nadel sehr erschwert, da man ohne weiteres nicht wissen kann, ob die Störungen nach beiden Seiten des normalen Ganges gleich stark und häufig stattfinden, sich also im Mittelwerte ausgleichen oder nicht. Das einzige und gleichzeitig einfachste Mittel, diese Schwierigkeit zu umgehen, besteht darin, den normalen Gang der Magnetnadel nur aus solchen Tagen abzuleiten, an welchen die periodische tägliche Schwankung möglichst regelmässig erfolgt. Diese höchst naheliegende Methode ist 1884 von H. Wild besonders hervorgehoben worden, und er hat aus Beobachtungen an solchen „Normaltagen“ Mittelwerte abgeleitet und als normale betrachtet. Durch Vergleich mit den so gewonnenen Mittelwerten lassen sich die Störungen genauer darstellen, und ihr gruppenweises oder periodisches Auftreten tritt klarer hervor. Von diesen Gesichtspunkten aus wurden durch P. A. Müller die magnetographischen Aufzeichnungen zu Petersburg und Pawlowsk, welche bis 1885 einen Zeitraum von 14 Jahren umfassen, untersucht, und Wild hat aus diesen Untersuchungen einige Schlüsse bezüglich der Deklinationsveränderungen der Magnetnadel gezogen [1]). Zunächst findet er, dass der nach der oben erwähnten, eigentlich ziemlich selbstverständlichen Methode abgeleitete tägliche Gang der Deklination wirklich als der normale, nämlich von Störungen freie, betrachtet werden kann. Dieser tägliche Gang der Deklination ergiebt sich ferner im jährlichen Mittel als ein einfacher, mit einem Minimum kurz nach 8^h vormittags und einem Maximum etwa vor 2^h nachmittags. Die Grösse (Amplitude)

---

1) Mel. phys. et chim, l'acad. de St. Pétersbourg 1889. **13.** p. 49.

Digitized by Google

dieser periodischen Schwankung ist in den Jahren der Sonnenfleckenmaxima ebenfalls im Maximum, zur Zeit der Fleckenminima hat sie entsprechend ihren kleinsten Wert. Die Störungen der magnetischen Deklination haben ein Maximum der negativen Werte zwischen 10^h und 11^h abends und ein Maximum der schwachen positiven zwischen 8^h und 9^h vormittags. Im Verlauf der Jahre verändert sich die Grösse dieser Tagesperiode entsprechend dem Gange der Häufigkeit der Sonnenflecken. Die positiven und negativen Störungen heben sich im Sommer nahezu auf, im Winter überwiegen dagegen die negativen; im Jahresdurchschnitt findet die Kompensation am vollständigsten in der Epoche der Sonnenfleckenminima statt, zur Zeit der Maxima überwiegen die negativen Störungen.

Diese durch die mühevolle Arbeit von P. A. Müller nachgewiesenen Resultate deuten an, dass die Ursache des normalen täglichen Ganges der magnetischen Deklination eine andere sein muss als diejenige der Störungen. Letztere haben ihre Ursache in Erdströmen, daher ist erstere nicht auf solche zurückzuführen. Aus dem Umstande aber, dass die Amplituden beider Perioden in ähnlicher Weise und parallel der Häufigkeit der Sonnenflecken variieren, folgert Wild, dass die Ursachen sowohl des normalen Ganges als der Störungen ihrem Effekte nach von der Energie der Vorgänge auf der Sonne abhängen.

Über den jährlichen Gang der magnetischen Deklination hat sich J. Liznar verbreitet[1]. Der Erste, der sich mit der Aufgabe befasst hatte, einen etwaigen Einfluss der Jahreszeiten auf die Deklination nachzuweisen, war Cassini; er hat 1791 eine Reihe von Beobachtungen über den grössten und kleinsten Stand der Deklination publiziert, aus denen er zu folgendem Resultate gelangt ist: „Vom Januar bis gegen den April nimmt in der Regel die westliche Abweichung zu. Gegen Anfang April wird die Nadel jedesmal rückgängig, und die Abweichung nimmt ab, von Monat zu Monat, bis zur Sommer-Sonnenwende. Alsdann geht die Nadel wieder nach West, und immer findet sie sich gegen den Anfang des Oktobers ungefähr eben da, wo sie im Anfange Mai war; das fand wenigstens jedesmal in den sechs Revolutionen statt, welche man damals beobachtet hat, weshalb diese Epochen sehr merkwürdig scheinen. Nach dem Oktober fährt die Nadel fort, nach Westen vorzuschreiten, beschreibt aber keinen so grossen Bogen mehr, und gewöhnlich erreicht sie in diesen letzten drei Monaten das Maximum ihrer westlichen Abweichung, und ihre Schwankungen haben nur eine Grösse von 5—6 Minuten“.

Gilpin fand 1786—87 zu London die Cassini'sche Regel bestätigt, allein später verhielten sich Goldschmidt in Göttingen

[1] Meteorol. Zeitschrift 1888, p. 225.

Digitized by Google

und Lamont in München wieder zweifelnd. Sabine leitete 1863 aus der Übereinstimmung des Ganges in Kew und auf den Stationen der südlichen Hemisphäre den Satz ab, dass die Bewegung der Magnetnadel auf beiden Hemisphären dieselbe ist, und zwar weist das Nordende mehr östlich, wenn die Sonne nördlich vom Äquator steht, und umgekehrt.

Spätere Beobachtungen an mehreren Stationen, die Loyd mitteilt, führten zu Mittelzahlen, welche ergaben, dass die Nadel ihre Richtung mit dem Stande der Sonne gegen den Äquator ändert, und dass diese gleichzeitige Änderung auf beiden Erdhälften entgegengesetzt ist. Dieser Widerspruch hat Liznar zu einer neuen und sorgfältigen Untersuchung veranlasst, in welcher für die nördliche Hemisphäre 19, und für die südliche 5 Stationen vertreten sind. Hiernach ergiebt sich, dass die westliche Deklination ihr Maximum zur Zeit des höchsten, ihr Minimum zur Zeit des niedrigsten Sonnenstandes der betreffenden Hemisphäre erreicht, die Änderung ist also auf beiden Erdhälften entgegengesetzt, und das Ergebnis von Loyd wird durchaus bestätigt.

Magnetische Störungen bei Gelegenheit von Erdbeben sind wiederholt wahrgenommen worden, doch blieb es häufig zweifelhaft, ob die Bewegung der Instrumente wirklich einer Veränderung der erdmagnetischen Kraft oder ob sie nur der mechanischen Erschütterung zuzuschreiben sei. Das grosse Erdbeben in Centralasien, welches in der Nacht vom 11. zum 12. Juli 1889 die Libellen der berliner Sternwarte erschütterte, machte sich auch an den elektrischen und erdmagnetischen Apparaten des Observatoriums zu Pawlowsk deutlich bemerkbar. Nach der Beschreibung von Wild [1]) unterscheiden sich aber diese Schwankungen durch ihren Charakter vollständig von den magnetischen Störungen, so dass man sie nur einer Reihe mechanischer Stösse der Erdoberfläche zuschreiben darf. In einem von Moureaux besprochenen Falle [2]), gelegentlich eines Erdbebens, das am 30. Mai 1889 zwischen Paris und Plymouth wahrgenommen wurde, zeigten dagegen die Störungen der Instrumente am Observatorium des Park Saint-Maur, nichts, was sie von echten magnetischen Störungen hätte können unterscheiden lassen.

Über Erdströme und ihre Beziehungen zu meteorologischen und magnetischen Erscheinungen, hat A. Batelli in den Monaten August, September und Oktober 1887 Untersuchungen angestellt [3]). Indem wegen der Anordnung der Beobachtungen auf die Quellen verwiesen werden muss können hier nur die Hauptergebnisse mitgeteilt werden, nämlich:

[1]) Comptes rendus **109.** p. 164. [2]) Ibid. **108.** p. 1189.

[3]) Il nuovo Cimento 1888. [3] **24.** p. 45. Naturw. Rundschau 1889. p. 2.

Digitized by Google

1. Es besteht keine Beziehung zwischen der Feuchtigkeit der Luft und den Erdströmen.

2. Der Thau und der Reif ändern weder den Gang, noch die Werte der Erdströme.

3. Während des Regens erleiden die Erdströme in der Regel keine merklichen Änderungen; wenn sich einige sehr schwache zeigen, die hervorgebracht sein können von der Änderung des Widerstandes im Boden, so verdecken sie nicht den normalen Gang der Ströme; zuweilen beobachtet man beim Fallen der ersten Tropfen plötzliche Schwankungen, welche wahrscheinlich herrühren von unregelmässiger Änderung des elektrischen Potentiales an verschiedenen Punkten des Bodens als Wirkung der Elektrizität, die vom Regen ihnen mitgeteilt wird, oder infolge der Induktion, die von der Elektrizität der Wolken ausgeübt wird. Bei jedem Blitz hat man nur eine plötzliche Schwankung, die sicherlich herrührt von der Wirkung der elektrischen Entladung auf den Boden.

4. In den Zeiten, in denen die Erdströme einen regelmässigen Gang zeigen, haben ihre Schwankungen keine Beziehung zu denen der elektrischen Potentialdifferenz der Atmosphäre zwischen den beiden Enden der Linie, in der man den Strom beobachtet. Es scheint hingegen, dass eine Beziehung besteht zwischen den unregelmässigen Änderungen des Erdstromes und denen der elektrischen Potentialdifferenz der Atmosphäre.

5. Die Verdunstung an der Oberfläche der Erde übt keinen merklichen Einfluss auf die Erdströme aus.

6. Man begegnet keiner Beziehung zwischen dem täglichen und monatlichen Gange der Erdströme und dem der Lufttemperatur und des Luftdruckes.

Die Resultate, welche über die Beziehungen der Erdströme zu den Elementen des Erdmagnetismus erhalten wurden, sind folgende:

7. Die Erdströme können keinen Einfluss haben auf die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus.

8. Sowohl in den Zeiten der Ruhe wie in denen der magnetischen Stürme stimmen die täglichen und monatlichen Schwankungen des NS-Stromes sehr gut mit denen der Deklination und die Schwankungen des EW-Stromes mit denen der Horizontalintensität des Erdmagnetismus.

9. Die Schwankungen der Erdströme gehen fast immer um einige Minuten den entsprechenden Änderungen der bezüglichen magnetischen Elemente voraus. Man wird dadurch zu dem Glauben veranlasst, dass die Erdströme die Ursache sind der regelmässigen Schwankungen des Erdmagnetismus in unseren Breiten“.

Digitized by Google

4. Vulkanismus.

Die Entstehung der vulkanischen Auswurfskegel hat J. G. Bornemann durch experimentelle Studien an Bleischlacken aus dem Hochofen in den Stollberger Hütten verständlich zu machen gesucht [1]). Da die in der Natur sich abspielenden Vorgänge bei Bildung der Auswurfskegel sich durchgängig der unmittelbaren Beobachtung entziehen und nachträglich mehrfacher Deutung unterliegen können und wirklich unterliegen, so sind die Studien von Bornemann ebenso interessant als wertvoll. Die flüssige Schlacke wurde in der Stollberger Hütte in grosse Gefässe als dicke, nur langsam erstarrende Masse gesammelt. War die Oberfläche der flüssigen Schlackenmasse erstarrt, so bildeten sich bald in derselben Risse durch Zusammenziehung der Kruste und Ausdehnung des noch flüssigen Magmas. Aus den Rissen, die sich oft unter rechten Winkeln kreuzten, quoll bald flüssige Schlacke nach und erstarrte, Rippen oder deckenartige Ausbreitungen blieben zurück und schlossen so die Spalte wieder. Selten blieb mehr als eine Stelle offen, die sich dann ausrundete, und indem hierdurch stets neue, flüssige Schlacke nachdrang, bildeten sich Kegel. Diese wuchsen, indem stossweise stets neue Masse herausgetrieben wurde und über den „Kraterrand" überfloss. Wurde der Kegel höher, so ergoss sich die Schlacke auch nicht mehr allseitig herab, es bildeten sich getreue Modelle von Lavaströmen. Allmählich kam das ruhige Ausfliessen zu Ende, und kleine Explosionen, die einzelne Tropfen oft weit ausschleuderten, stellten sich ein, bis schliesslich auch dieses Spiel sein Ende fand, und nur mehr der Rauch von Metalloxyden dem kleinen Vulkangrund entstieg, der sich als weisse Kruste am oberen Rande der schwarzen Mündung festsetzte. An einem der schönsten dieser so erhaltenen Kegel hat Bornemann auch über die mikroskopische Struktur der Schlacke sich zu vergewissern gesucht und dieselbe als aus wasserhellen, rhombischen, dem Chiastolith ähnlichen aber nicht mit ihm identischen Kristallen und Glasmasse, die zumal in der Kruste vorherrscht, bestehend erkannt Indem Bornemann hervorhebt, dass alle die Erscheinungen, welche die Stollberger Kegel darboten, durchaus ohne Mitwirkung von Wasser (Wasserdampf) entstanden, Erscheinungen, die er bis in's Detail mit verwandten Vorgängen an Vulkanen vergleicht, geht er nunmehr zu diesen letzteren selbst über; auch diese mögen ohne die Mitwirkung von Wasser zu stande gekommen sein, und es gelte, diese anderen Motoren, die zunächst den ruhigen Auftrieb, hierauf das Schlackigwerden der erstarrenden Schmelzmasse, die Detonationen und das Ausschleudern bewirken, zu ergründen.

---

[1]) Jahrbuch der Kgl. Preuss. geolog. Landesanstalt für 1887. Berlin 1888. p. 230.

Digitized by Google

Bornemann leugnet die aktive Mitwirkung von Wasser und Wasserdampf bei einem Teile unserer Vulkanausbrüche nicht, nur gegen die gar zu allgemein gehaltene Fassung dieses Satzes will er Einsprache erheben und reiht nun, um derselben mehr innere Beweiskraft zu verleihen, eine bedeutende Zahl von Beobachtungen, die er im Vulkangebiete Süditaliens anzustellen Gelegenheit hatte, und Dünnschliffuntersuchungen, die er an Laven vornehmen konnte, aneinander. „Beim Aufsteigen der Lavasäule im Kraterschacht finden gewaltige Reibungen statt, chemische Zersetzungen vollziehen sich bei der Berührung der glutflüssigen Masse mit ihrer neuen Umgebung; eine stärkere Erhitzung und eine Verflüssigung des zähen Magmas muss stattfinden. Gase, aus den chemischen Prozessen entstehend oder aus der porösen Umgebung mechanisch hinzutretend, werden in vergrösserter Menge in der Lava diffundieren, emporfahrende Bomben rühren den Glutbrei durcheinander. — Der Wasserdampf aber spielt durchaus nicht die Rolle, welche ihm von vielen zugeschrieben wird, und besonders weisen uns das wasserfreie Chlorcalcium und die hohen Schmelztemperaturen der Vesuvbomben darauf, dass andere chemische Vorgänge stattfinden".

Die unterirdischen Wasser spielen dagegen nach Daubrée [1]) eine grosse, ja entscheidende Rolle bei den vulkanischen Erscheinungen. Der französische Geologe glaubt, dass einsickernde Meereswasser die Vulkane speisen, und zwar Wasser, welche eine sehr hohe Temperatur besitzen, infolge der gewaltigen Tiefen, bis zu welchen sie eingesickert sind. Jedenfalls sind es nach Daubrée Wasserdämpfe von ungeheuerer Spannung, welche die Lavamassen emportreiben.

Der Ausbruch des Vulkans Krakatau in der Sundastrasse, die grossartigste vulkanische Erscheinung, von der geschichtliche Nachrichten melden, ist auch in physikalischer Beziehung durch die Untersuchungen, welche dadurch veranlasst wurden, von höchster Bedeutung geworden. Die Kgl. Gesellschaft zu London hat ein eigenes Komitee eingesetzt, um die sämtlichen wahrgenommenen Erscheinungen wissenschaftlich festzustellen, und wenn möglich zu erklären. Die Arbeiten dieses Komitees sind in einem grossen Werke erschienen [2]), von welchem J. W. Pernter eine eingehende und lichtvolle Analyse gegeben hat [3]). Die Erscheinungen, welche der Ausbruch hervorrief, betreffen sowohl das feste Erdreich, als die ozeanische und die Lufthülle.

Die Insel Krakatau liegt nach den dermaligen Annahmen der Geologen auf dem Kreuzungspunkte zweier grossen Brüche

[1]) Daubrée les l'aux souterraines. Paris 1887.
[2]) The Eruption of Krakatoa and subsequent Phenomena. Report of the Krakatoa Comittee of the Royal Society. Edited by G. J. Symons, London 1888. [3]) Meteorolog. Zeitschr. 1889. Heft 9 u. ff.

Digitized by Google

(Spalten) der Erdrinde, von denen der eine in der Richtung Java-Sumatra streicht und von einer Anzahl thätiger Vulkane gekrönt ist, während der andere durch eine Reihe vulkanischer Inseln bezeichnet wird. Die vulkanische Thätigkeit des Jahres 1887 begann bei Krakatau am 20. Mai, seit welchem Tage der Vulkan Massen von Dampf und Staub ausstiess. Im letzten Drittel des August wurden die Ausbrüche furchtbarer, und am Abend des 26. warf der Vulkan solche Massen von Material aus, dass weithin in seiner Umgebung völlige Nacht herrschte. Während dieser Eruption wurde der alte Kraterwall im Norden der Insel fortgerissen, und das Meer fand Zutritt zur Oberfläche der Lavasäule, wodurch letztere eine feste Kruste bildete, welche weitere Eruptionen verhinderte. Indessen stieg die Dampfspannung in dem abgeschlossenen Herde, und zuletzt kam es zu einer heftigen Explosion, welche die Kruste zerschmetterte und ungeheuere Mengen von Bimsstein und Staub hoch in die Luft schleuderte.

Am 26. August 1^h nachmittags trat die erste dieser schrecklichen Explosionen ein. Von da ab traten auch schon kleine Seewellen auf, welche am 27. August morgens 5^h 30^m zu alles vernichtender Grösse und Gewalt angewachsen waren. Am 27. folgten die grossen Explosionen, welche das Zerstörungswerk vollendeten. Die Rauchsäule wurde vom Kapitän der „Medea“, Thomson, 30000 *m* hoch geschätzt.

Aus dieser Geschichte der Eruption auf Krakatau ist ersichtlich:

1. Dass die vulkanische Thätigkeit vom 20. Mai bis 28 August ununterbrochen andauerte.

2. Dass die fürchterlichen, alles bisher in dieser Richtung Bekannte übertreffenden Ausbrüche vom 26. August 1^h nachmittags bis 27. August 10^h 52^m dauerten und sich fünf der allerheftigsten Ausbrüche feststellen lassen: 1^h nachmittags am 26., und 5^h 30^m, 6^h 44^m, 10^h, 10^h 52^m vormittags am 27., von welchen wieder der Ausbruch um 10^h vormittags am 27. der stärkste war.

3. Dass die sichtbare Höhe, welche die ausgeworfene Rauch- und Dampfmasse erreichte, selbst bei kleineren Ausbrüchen 11000 *m* war, bei den heftigsten Ausbrüchen aber bis zu 30000 *m* anstieg.

Was die Menge des Auswurfsmaterials betrifft, so ist dieselbe nicht festzustellen. Professor Judd lässt sich auf diese Frage nicht näher ein, da dieselbe in keiner Weise exakt zu lösen ist. Verbeek machte in seinem Werke über den Krakatau-Ausbruch einen Versuch, diese Menge aus dem Material zu berechnen, welches wieder, sei es in der Nähe von Krakatau, sei es weiter weg, niederfiel. Er gelangt bei dieser Rechnung zum Resultate, dass die Gesamtmenge des niedergefallenen Auswurfmateriales 18 *cbkm* betrage, und schätzt die in die hohen Regionen der Atmosphäre geschleuderte und suspendiert gebliebene Menge

Digitized by Google

auf weniger als 1 *cbkm*. Diese Schätzungen beziehen sich nur auf die Auswurfsmenge der grossen Katastrophe am 26. und 27. August. Es wäre dies gewiss eine auffallend geringe Menge gegenüber der Heftigkeit des Ausbruches, besonders wenn man die in ähnlicher Weise geschätzte Auswurfsmenge der Eruption des Tomboro von 1815 einigermassen als richtig anerkennt, welche zu dem enormen Werte von 120 *cbkm* führt, obwohl der letztere Ausbruch an Heftigkeit weit hinter dem Krakatau-Ausbruch von 1887 zurückblieb. Douglas Archibald erhebt denn auch seine Zweifel gegen die Richtigkeit der Schätzung Verbeek's, die gewiss vielfach begründet erscheinen. Trotzdem bleibt der Krakatau-Ausbruch in Bezug auf festes ausgeworfenes Material, auch wenn man die Schätzung Verbeek's noch so hinauf ausbessert, ein auffallend armer.

Auf Grund genauer Untersuchungen stellte Professor Judd fest, dass das Material, aus welchem die Lava und der Bimsstein gebildet wird, reich ist an eingeschlossenem Wasser und anderen flüchtigen und gasigen Einschlüssen, welche erst bei der Erhitzung sich zeigen. Wird diesem Materiale Wasser beigemengt, so wird es leichter schmelzbar und erreicht leichter eine weniger grosse Zähflüssigkeit, als ohne Beimengung von Wasser. Beim Krakatau-Ausbruche war dies in der That der Fall, und so konnten die eingeschlossenen Wasserdämpfe und Gase die weniger zähe Lavaflüssigkeit mehr zerfasern und beim Ausbruche selbst zerteilen und sich selbst Ausgang verschaffen.

Jedenfalls steht so viel fest, dass der Krakatau-Ausbruch eine ungeheuere Menge von Wasserdampf und Gasen ausgeworfen hat, und dass die sehr zerteilte und durch gegenseitige Reibung in der Luft zerstäubte äusserst spröde Masse eine überaus grosse Menge vulkanischen Staubes lieferte, der die in grosser Höhe der Atmosphäre aufsteigenden Gasmassen mit emporführen konnte.

Auch durch die Heftigkeit ihrer Detonationen zeichnete sich die grosse Krakatau-Katastrophe aus. Niemals ist auf der Erde ein Schall bis in solche Entfernungen von seinem Ursprunge vernommen worden, als der Donner jener Eruptionen. Die Begrenzung der Fläche, auf welcher derselbe gehört wurde, ist gegeben durch eine elliptische Linie, welche durch folgende Orte geht: Manila (2902), Dorey, Neu-Guinea (3240), Alice Springs in der Mitte von Australien (3593), Perth, Westaustralien (3060), Rodriguez (4745). Ceylon, Dutch Bay (3311), Tavoy, Birma (2378), Manila. Die eingeklammerten Zahlen geben die Entfernung vom Krakatau in Kilometern an. Diese grosse elliptische Fläche repräsentiert beiläufig den dreizehnten Teil der ganzen Erdoberfläche. Der vernommene Schall wird beschrieben „gleich einer heftigen Kanonade“, „wie der Donner ferner Geschütze“ u. s. w. Mehrfach wurden Schiffe von den Häfen ausgesendet, da man diese Detonationen für Signalschüsse von Schiffen in Gefahr hielt.

Digitized by Google

Pernter hat aus den Zeitangaben über den wahrgenommenen Donner feststellen können, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles gegen Norden (Birma) und Nordosten (Manila) am kleinsten, gegen Südwesten (Rodriguez) am grössten war; aber auch nach Südosten (Australien) war dieselbe sehr gross.

Die Explosionen, besonders diejenigen des 27. August, waren von gewaltigen Seewellen gefolgt, welche an den umliegenden Küsten ungeheuere Verluste nicht nur an Hab und Gut, sondern auch von Menschenleben verursachten. Die Städte Tyringin, Merak, Telok-Betong, Anjer, sowie kleinere Ortschaften an den Küsten wurden gänzlich zerstört und weggeschwemmt, und über 30000 Menschen kamen dabei ums Leben.

Die Untersuchungen über die Höhe der Wellen, besonders der grössten, welche dem Ausbruche von 10^h vormittags am 27. August folgte, ihrer Periode und Fortpflanzungsgeschwindigkeit, sowie der Entfernung, auf welche sie verfolgt werden konnte, wurden von Kapitän Warton sehr eingehend und gründlich durchgeführt. Es ergab sich:

Die Störung des Meeres war wahrscheinlich zusammengesetzt aus zwei Arten von Wellen: lange Wellen von Perioden grösser als eine Stunde und kurze Wellen von kurzer und unregelmässiger Dauer, die aber eine grössere Höhe hatten.

Die grösste Störung datiert wahrscheinlich von 10^h vormittags am 27. August. Die Welle erreichte dabei an der nahe gelegenen Küste eine Höhe von beiläufig 15 *m*. Nur die langen Wellen von etwa zweistündiger Periode wurden von den Flutmessern verzeichnet. Die Geschwindigkeit der langen und kurzen Wellen war nahe gleich. Unter der Annahme, dass sich die Angaben der Flutmesser auf die Welle von 10^h vormittags Krakatau-Zeit (27. August) beziehen, ergiebt sich, dass die Geschwindigkeit der Welle durchwegs kleiner war, als es die Theorie für die betreffenden Wassertiefen verlangt. Zu demselben Schlusse kommt Professor Milne in seinem neuen Werke: „Über Erdbeben“, bezüglich ähnlicher Seewellen, welche auf langen Strecken durch den Stillen Ozean verfolgt werden konnten. Der ersten grossen Welle gingen mehrere kleine von verschiedener Periode voraus. Gegen Nord und Ost lässt sich die grosse Welle nur 724 *km* weit verfolgen. Gegen Westen kann man sie bis Cap Horn und vielleicht bis zum englischen Kanal nachweisen. Die kleinen Wellen erreichten Ceylon und vielleicht Mauritius. Gegen Südost erreichte die Welle höchstens die Westküste von Australien. Die auf Neu-Seeland und im Stillen Ozean beobachteten Störungen standen in keinem Zusammenhange mit dem Krakatau-Ausbruche.

Aber nicht nur im Meere, sondern auch in der Luft wurden durch die Gewalt des Ausbruches Wellen erzeugt, die als Barometerschwankungen über den ganzen Erdball hinwegzogen.

Digitized by Google

General Strachey hat in dem obigen Werke alle einschlägigen Beobachtungen ausführlich behandelt. Es lagen ihm von 46 Stationen ausführliche Registrierungen des Barometerganges vor, und die Vergleichung aller Kurven ergab, dass die von Krakatau ausgehende barometrische Störung folgenden allgemeinen Charakter aufwies: Sie beginnt mit einem mehr oder weniger plötzlichen Anstieg, in dessen Höhe sich zwei bis drei kleinere Oszillationen zeigen, worauf eine tiefe Senkung kommt, welcher weniger ausgeprägte Erhebungen und Senkungen folgten. Frühere theoretische Untersuchungen von Lord Rayleigh ergaben, dass eine plötzliche Expansion eines elastischen, in einer Kugelhülle eingeschlossenen Gases, Oszillationen zur Folge hat, welche mit einer Kompressionswelle beginnen, der eine Expansionswelle folgt. Dies war nun in der That bei der Luftwelle, welche der Krakatau-Ausbruch verursachte, der Fall.

Eines der interessantesten Ergebnisse der Untersuchungen der Barographenkurven ist, dass die vom Krakatau ausgegangene Luftwelle sich nicht nur auf ihrem Wege vom Krakatau zu dessen Antipoden, sondern auch bei ihrer Rückkehr von den Antipoden zum Krakatau nachweisen lässt, ja dass an vielen Stationen das Vorübergehen dieser Luftwelle siebenmal, viermal auf dem Wege vom Krakatau zu den Antipoden und dreimal von den Antipoden zurück festgestellt werden konnte.

Die Geschwindigkeit der Luftwelle ergiebt sich nahe zu 314 *m* in der Sekunde, so dass wir annehmen müssen, dass sie sich mit der Schnelligkeit des Schalles fortpflanzte, wobei angedeutet ist, dass mit Schwächung der Energie auch die Geschwindigkeit der Welle abnahm. Über die optischen Erscheinungen, welche der Krakatau-Ausbruch in der Atmosphäre veranlasst, wird weiter unten die Rede sein.

5. Erdbeben.

Das Studium der seismischen Erscheinungen wird gegenwärtig mit grossem Eifer betrieben. Nicht nur sind mannigfache neue Apparate erfunden worden, um Zeit und Form genauer festzustellen, sondern man hat auch begonnen, die Erscheinungen selbst von mehr wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus zu betrachten, wenngleich die zur Zeit erhaltenen Resultate eigentlich mehr negativer Art sind, insofern sie zeigen, dass die früheren Ansichten über die Natur der Erdbeben, Tiefe und Gestalt des Erschütterungsherdes und Art und Weise der Ausbreitung der Bodenwellen, sehr erheblicher und teilweise völliger Umgestaltung bedürfen. In einzelnen Ländern, z. B. in der Schweiz und in Japan, sind vollständige Beobachtungsnetze organisiert worden, welche infolge der grossen Zahl der Beobachter und Instrumente gestatten, auch selbst sehr leise Regungen des Bodens zu erkennen

Digitized by Google

und in Bezug auf ihre Ausbreitung zu verfolgen. Auch interessante theoretische Untersuchungen sind zu verzeichnen, so die Arbeit von A. Schmidt über Wellenbewegung und Erdbeben[1]), der nachweist, dass die stillschweigende Annahme von Erdbebenwellen als konzentrischen Kugeln mit geradlinigen Bebestrahlen eine durch nichts gerechtfertigte Hypothese ist.

Das Erdbeben von Charleston vom 31. August 1886 ist seitens der nordamerikanischen geologischen Landesvermessung in mustergültiger Weise untersucht worden. Der Umfang des damals erschütterten Gebietes war ein ungewöhnlich grosser, denn der erste und stärkste Stoss wurde von den Canadischen Seen bis zum Golf von Mexiko und vom Atlantischen Ozean bis ostwärts des Mississippi verspürt, in Charleston selbst aber wurden die furchtbarsten Verheerungen dadurch angerichtet. Das Erdbeben selbst stellte sich, nachdem schon am 27. und 28. August schwächere Stösse vorhergegangen waren, als ein Hauptstoss dar, dem ein schwächerer folgte, worauf eine geraume Zeit hindurch täglich schwache Stösse wahrgenommen wurden. Hayden hat eine Karte der Isoseismalen, d. h. der Linien gleicher Intensität, und der Koseismalen oder der Linien gleichzeitiger Erschütterung konstruiert. Hiernach scheint das Epizentrum ein wenig nördlich von Charleston gelegen zu sein. Nach dem Berichte der Herren C. E. Dutton und E. Hayden war die Bewegung so stark, dass sie die Aufmerksamkeit des Publikums erregte innerhalb eines Kreises von 1610 *km* Halbmesser, und das erschütterte Gebiet hatte einen Flächenraum von 4—5 Millionen *qkm*. Die genannten Forscher glauben, dass, wenn genügende seismographische Apparate aufgestellt gewesen wären, die Grenzen des Erschütterungsgebietes sich noch mehr ausgedehnt ergeben würden. Man kann dem gewiss beipflichten, aber die Erwartungen bezüglich der Seismographen sollte man nicht zu hoch spannen. Die vielerlei Konstruktionen, welche man vorgeschlagen hat, und die zum Teil sehr sinnreich erscheinen, haben sich bis jetzt nur wenig bewährt, ja gelegentlich des grossen Erdbebens an der Riviera (23. Februar 1887), welches bis nach England und Spanien hin verspürt wurde, haben die zahlreichen Seismographen, die auf diesem weiten Gebiete vorhanden sind, ihre praktische Unzulänglichkeit aufs deutlichste gezeigt. Bezüglich des Charlestoner Erdbebens ist die Untersuchung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung glücklicherweise in die Hände eines Mannes gelegt worden, der, weil mehr Astronom als Geologe, für dergleichen Untersuchungen geeignet und ausserdem als Forscher ersten Ranges längst bekannt ist, nämlich Simon Newcomb. Seine Arbeit, von der übrigens bis jetzt nur ein gedrängter Auszug erschienen ist, wird als

---

[1]) Jahresheft des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 1888. p. 248.

Digitized by Google

Muster für die zukünftige Behandlung solcher Fragen dienen können. Infolge der regen Unterstützung, welche die Tagespresse der wissenschaftlichen Erforschung des Erdbebens zu Teil werden liess, waren an der Zentralstelle über 400 Zeitangaben eingelaufen. Von diesen wurden viele von vornherein unberücksichtigt gelassen, weil sie zu ungenau waren und nur aussagten, das Erdbeben wäre „um 10 Uhr herum“ oder „einige Minuten vor 10“ eingetreten; ebenso waren die Angaben zurückzuweisen, welche nach dem Sonnenstande gestellten Uhren entnommen waren. Es blieben sodann für die vorläufige Berechnung 316 Meldungen, welche alphabetisch geordnet wurden unter Angabe der Längen, Breiten und der Abstände vom Erschütterungszentrum. Die wichtigste Zeitbestimmung war die für das Zentrum, an welchem nach der Berechnung das Erdbeben etwa sechs Sekunden früher eingetreten war, als in Charleston. Hier wurde die Zeit in der Weise festgestellt, dass unter den zahllosen stehen gebliebenen Uhren vier ausgewählt wurden, welche mit kompensiertem Sekundenpendel und mit Sekundenzeigern versehen waren und täglich mit dem Zeitsignal der Western Union Telegraph Co. verglichen wurden. Von diesen vier Uhren hatte am 31. August keine Abweichungen von mehr als neun Sekunden, und der mittlere wahrscheinliche Fehler war sicher viel kleiner als dieser Wert. Diese vier Uhren, von denen drei Eisenbahnstationsuhren sind, waren nun infolge der Erderschütterung stehen geblieben um $9^h 51^m$, $9^h 51^m 15^s$, $9^h 51^m 16^s$ und $9^h 51^m 46^s$. Obwohl diese vier Uhren für den Beginn des Erdbebens also eine Differenz von 48 Sekunden gaben, liessen sie sich doch mit einander vergleichen. Die Azimute der Schwingungsebenen ihrer Pendel sind nämlich verschieden, und wenn man sie in Beziehung bringt mit der Dauer und der Richtung der einzelnen Stösse, so ergiebt sich, dass die vierte Uhr höchstwahrscheinlich nicht von dem ersten Stoss, der in genau paralleler Richtung zur Schwingungsebene ihres Pendels erfolgt war, sondern erst von dem 30 bis 50 Sekunden späteren zweiten Stoss angehalten worden. Es wird ferner sehr wahrscheinlich, dass die erste Uhr bereits von der ersten schwachen Erschütterung, die zweite und dritte hingegen von dem Maximum des ersten Stosses angehalten wurden. Für die Zeit, in welcher das Maximum des ersten Stosses in Charleston eingetreten war, ergiebt sich also aus der sorgfältigsten Erwägung aller Umstände $9^h 51^m 12^s$. Aus der durch die vorliegende Untersuchung ermittelten Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung und aus dem Abstande des Zentrums von Charleston ergiebt sich für den Beginn des Erdbebens im Zentrum die Zeit $9^h 51^m 6^s$ Normalzeit des 75. Meridians. Die gesamten 316 Meldungen wurden nun nach den Zeiten und der Anzahl der betreffenden Angaben geordnet. Es mussten hierbei zunächst vier, welche vor $9^h 50^m$, und drei, welche nach 10^h lauteten, verworfen werden; ferner zeigte sich eine sehr auf-

fallende Neigung der Angaben zu Multipla von fünf Minuten; so lauteten 32 Angaben $9^{h} 50^{m}$, 86 auf $9^{h} 55^{m}$ und 13 auf 10^{h}. Es ist dies um so auffallender, als z B. auf 9^{h} 49^{m} keine Angaben und auf 9^{h} 51^{m} nur sechs fallen; den 13 mit der Angabe 10^{h} folgen nur drei mit der Angabe $9^{h} 59^{m}$ Nach diesen und ähnlichen Gesichtspunkten wurden die Zuverlässigkeiten der Angaben geprüft und dabei 130 verworfen, so dass für die eigentliche Berechnung nur 186 übrig blieben. Diese Zeitangaben wurden in vier Gruppen gebracht. Die erste musste folgende Bedingungen erfüllen: Der Bericht musste den Anfang angeben oder die Zeit, wann die Erschütterungen bemerkbar geworden, er musste nicht nur die Minuten, sondern auch die Sekunden mit einer Unsicherheit von nicht mehr als 15 Sekunden geben; er musste endlich sich auf eine mit der Normalzeit verglichene Uhr stützen. Zu dieser Gruppe gehörten ausser Charleston noch fünf andere Beobachtungen. Die zweite Gruppe bestand aus Berichten, welche denselben Bedingungen entsprachen wie die erste, ausser der einen, dass sie nur die Minute oder halbe Minute, die dem Anfange am nächsten war, angaben; elf Berichte entsprachen diesen Bedingungen. Die dritte Gruppe umfasste alle übrigen nach Ausschluss der Gruppen I und II und die stehen gebliebenen Uhren; ein Teil von diesen enthielt die Angabe, dass es die Zeit des Anfanges gewesen, aber keine Notiz über den Zeitfehler, ein anderer Teil gab letzteren, aber nicht die Phase des Erdbebens an, und manche enthielten weder das eine noch das andere. Die Anzahl der Berichte dieser Gruppe beträgt 125. In die vierte Gruppe endlich sind die Berichte über Uhren aufgenommen, die durch den Stoss aufgehalten worden sind. Da der wahrscheinliche Fehler der vierten Gruppe unsicher ist, so ist es notwendig, dieselbe fortzulassen. Nehmen wir die Gewichte umgekehrt zu den Quadraten der wahrscheinlichen Fehler, so erhalten wir für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Sekunde:

		Gewicht
Gruppe I	5205 *m* + 168 *m*	2
„ II	5192 „ + 236 „	1
„ III	5171 „ + 116 „	4
Mittel:	5184 *m* + 80 *m*	—

Es muss noch untersucht werden, ob die Data irgend eine Variation der Geschwindigkeit ergeben. Die Antwort darauf ist eine negative. Die Data stimmen nicht überein mit irgend einer systematischen Variation, und ein Mittel, eine unsystematische Schwankung zu erkennen, giebt es offenbar nicht. Eine kleine unregelmässige Schwankung, wie sie veranlasst werden könnte durch Änderung der Dichtigkeit und Elastizität des fortpflanzenden Mediums würde sich wohl mit den Daten in Einklang bringen lassen können, aber der Nachweis einer solchen kann von den Beobachtungsfehlern nicht getrennt werden.“ Man erkennt aus

Digitized by Google

diesen Ausführungen sogleich den vorsichtigen und erfahrenen Forscher, der sich stets der Tragweite seiner Schlüsse bewusst bleibt und weit entfernt ist, von jenen weiten Folgerungen aus ungenügendem Materiale, die man so oft in Schriften über Erdbeben findet, welche von Geologen verfasst sind, denen das Rüstzeug des mathematisch geschulten Gelehrten abgeht. Was die Tiefe des Stossherdes beim Charlestoner Erdbeben anbelangt, so haben Dutton und Hayden zu dessen Bestimmung einen eigentümlichen Weg eingeschlagen, der sich auf die Abnahme der Intensität der Stosswellen vom Epizentrum stützt. Als Orte des Epizentrums, d. h. derjenigen Punkte auf der Erdoberfläche, unter welchen senkrecht der Stossherd sich befand, sind nach Sloan drei Punkte zu betrachten, welche sich auf einer Linie westlich und nordwestlich von Charleston befinden. Hierauf gestützt finden Dutton und Hayden als wahrscheinliche Tiefe des Erdbebenherdes 12 Miles, mit einer Unsicherheit von $^1/_{22}$ bis $^1/_6$ dieses Wertes. Die beiden amerikanischen Forscher halten diese Tiefe für verhältnismässig ziemlich richtig ermittelt, eine Ansicht, der man allerdings nicht so unbedingt beistimmen kann. Indessen sind alle bisherigen Bestimmungsweisen der Tiefen von Erdbebenherden theoretisch und praktisch anfechtbar. Was beim Charlestoner Erdbeben die Intensität der Erscheinung innerhalb der davon betroffenen Flächen anlangt, so ist es merkwürdig, dass manche Strecken nur wenig betroffen wurden, während rings um dieselben starke Wirkungen erfolgten. Die Apalachen waren ein solches Gebiet geringer Erschütterung, doch ohne dass sie imstande waren, die Fortpflanzung des Bebens aufzuhalten, denn im südlichen Teile sind die Stösse selbst in den Bergen kräftiger, und im Westen und Nordwesten von der Gebirgskette nimmt die Kraft der Wellenbewegung sogar noch mehr als ihre gewöhnliche Stärke an. Ein anderes Gebiet relativer Ruhe findet sich im südlichen Indiana, in Illinois und Alabama. Sehr merkwürdig ist, dass am 6. Februar im südlichen Indiana und in Illinois ein starkes Erdbeben sich gezeigt hat, und dass die Ausdehnung desselben zusammenfällt mit der Ausdehnung des Minimumgebietes beim Erdbeben vom 31. August; diese Übereinstimmung ist vielleicht nur eine zufällige. In dem jüngeren Delta des unteren Mississippi nimmt die Intensität schnell ab, und auch aus den Mittelstaaten werden Gegenden von verhältnismässig geringer Intensität angegeben, deren Begrenzung jedoch wegen der Schwierigkeit der Intensitätsschätzung nicht fehlerfrei ausgeführt werden kann. In den Staaten Nordcarolina, Südcarolina, Georgia und im nordöstlichen Florida, also innerhalb 250 Miles vom Zentrum, war die Energie der Stösse sehr gross und verbreitete überall Schrecken; in den Städten, welche innerhalb 200 Miles von Charleston entfernt sind, haben Häuser und Gebäude mehr oder weniger von den Erschütterungen gelitten; und diese Beschädigungen

Digitized by Google

nehmen an Ausdehnung und Intensität zu, je mehr man sich dem Mittelpunkte der Störung nähert. Das Gebiet unmittelbar über dem Herde zeigt, wie bei grossen Erdbeben stets, Erscheinungen, verschieden von den in einiger Entfernung beobachteten, nicht bloss dem Grade, sondern auch der Art nach, und ihre besondere Form hört ziemlich plötzlich auf, wenn man von dem Gebiete des Epizentrums sich nach aussen begiebt.

Das Erdbeben in der Ost-Schweiz am 7. Januar 1889 ist von Cl. Hess untersucht worden [1]). Dieses Erdbeben machte sich nördlich bis nach Burgstall in Württemberg, südwärts bis Airolo, östlich bis Ulm und westlich bis Basel fühlbar, auf einem Flächengebiete von etwa 15000 *qkm* von der Gestalt eines unvollständig gebogenen Hufeisens. Die Biegungsstelle fällt auf den Landstreifen zwischen dem Nordfusse des Säntis und dem Untersee. Von dort sind auch die zahlreichsten Meldungen eingelaufen, und ebendahin ist der Streifen grösster Intensität zu verlegen. „Die Richtungsverhältnisse in diesem Streifen sind derart, wie wenn die ganze Molassemasse eine Bewegung in der Richtung N-S gemacht und die in den Thälern liegenden Massen geringerer Konsistenz Pressungen erfahren hätten, welche ein wellenförmiges Ausweichen nach den sich ausweitenden Thalmündungen zur Folge haben mussten.“ Aus zuverlässigen Beobachtungen geht hervor, dass die Bewegung nicht auf der ganzen Fläche gleichzeitig war, sondern dass zwischen Bischoffszell und der Strecke Oberuzwil-St. Gallen eine Linie existiert haben muss, längs welcher die Bewegung begonnen und sich sowohl nord- wie südwärts fortschreitend ausgebreitet hat. Diese Scheidelinie für die Richtung der fortschreitenden Bewegung liegt nun in der Nachbarschaft derjenigen Linie, längst welcher die horizontalen Molasseschichten in gegen die Säntiskette hin gefaltete übergehen.

Die Bewegung war im ganzen Erdbebengebiet derart, dass das gemeinsame Grundgestein, die Molasse, auch eine gemeinsame, in allen Teilen nahezu parallele Verschiebung erlitten hat. Die Verschiebung erfolgte normal zur nördlichsten Antiklinale der Molasseschichten, also auch senkrecht zum Nordabfall der Alpen, im Mittel von NNW nach SSE. Dieselbe nahm ihren Anfang längs der Linie, in welcher die horizontal gelagerten Schichten in Faltungen übergehen. Gegen NNW hin bestand die Bewegung in einem Nachziehen, gegen SSE in einem Vorschieben. Die in den Thälern auf und vor den festen Massen liegenden, geschichteten aber weniger kompakten Ablagerungen neuesten Datums erfuhren Pressungen, welche sich wellenartig in der Richtung der jeweiligen Thalaxe (W-E) gegen die Thalmündungen fortpflanzten.“

Dieses Ergebnis wird durch die Zeitangaben bestätigt,

[1]) Mitteil. der Thurgauer naturf. Ges. 1889. Heft 10.

Digitized by Google

welche zeigen, dass die Bewegung längs der ganzen west-östlich verlaufenden Linie Zug-Niederuzwil gleichzeitig begonnen und sowohl nach Norden wie nach Süden sich fortgepflanzt hat, wobei für die Molasse eine Geschwindigkeit von 333 *m* festgestellt werden konnte. In den Quartärbildungen pflanzte sich die Wellenbewegung in der Sekunde nur 93 *m* fort. Die Bewegung ging durch die Alpen und das Juragestein, dort nach Sargans, Ennenda, Airolo, hier nach Tübingen, Esslingen, Stuttgart fort, und zwar mit der bedeutend grösseren Geschwindigkeit von 1400 *m* im Jura und von 1500 *m* in den Alpen. Das Erdbeben begann somit auf der Linie Zug-Niederuzwil-Arbon-Langenargen-Buchloe um 11^h 53^m und endigte auf der Südseite in Airolo um 11^h 54^m, auf der Nordseite in Kandern und Todtnau im Schwarzwalde um 11^h 56^m 10^s, in Stuttgart um 11^h 56^m 40^s. Die ganze Erscheinung auf dem Flächengebiete zwischen Airolo und Stuttgart, Basel und Ulm bedurfte demnach zu ihrer Abwickelung im Maximum nur 4 Minuten. Schallerscheinungen wurden an den meisten Orten beobachtet; sie gingen den Erschütterungen entweder voraus oder folgten ihnen nach. Die Untersuchung lehrte nun, dass die Orte, welche das Geräusch vor, sowie vor und nach der Erschütterung hörten den Quartärbildungen angehörten, während es an den Orten auf den Molassefelsen niemals vorher, sondern entweder gleichzeitig oder später wahrgenommen wurde. Dies erklärt sich nach Hess daraus, dass in der Molasse die Erdbebenwelle sich mit der Schallgeschwindigkeit (333 *m*) fortpflanzte, während im Quartär die Welle sich viel langsamer als der Schall fortbewegte.

Nach dem Hauptbeben wurden am 7., 9., 10., 11., 25. und 26. Januar noch acht zeitlich getrennte Nachbeben beobachtet, deren Intensität nur von geringem Grade war. Was die Ursache dieses Erdbebens anbelangt, so glaubt Hess, dass die zwischen den kristallinischen Wällen der Alpen und des Jura abgelagerte, feste Molasseschicht infolge der langsamen Zusammenziehung der sich abkühlenden Erde starke Pressungen erfährt Ihr Widerstand ist dort, wo die ebenen Schichten in die gefalteten übergehen, am schwächsten, und hier entsteht, wenn die Spannung einen hohen Grad erreicht hat, die Verschiebung längs einer Linie, von der aus sich die Erderschütterung nach Süden als Verdichtungs-, nach Norden als Verdünnungswelle fortpflanzt und in den aufgelagerten Quartärschichten sekundäre, öfters reflektierte Wellenbewegungen veranlasst.

Das Erdbeben vom 31. Januar 1887 in der Nordost-Schweiz liess gemäss den Zusammenstellungen von Ch. Tarnutzer [1]) sowohl nach Richtung als Zeit kein Epizentrum erkennen. Der Hauptstoss trat nahezu gleichzeitig auf einer quer zur Streichungs-

[1]) Die Schweizer Erdbeben im Jahre 1887. Bern Stümpfli.

Digitized by Google

richtung der Alpen liegenden Zone auf, welche die Kantone Aargau, Schwyz, Thurgau, Zürich, St. Gallen, Apenzell, Glarus und den nordwestlichen Teil Graubündens umfasste. Dem wellenförmigen Hauptstosse folgte ein 2—3 Sekunden dauerndes Zittern und gleichzeitige Schallerscheinung (Rauschen oder Rollen).

Das ligurische Erdbeben vom 23. Februar 1887 ist von Taramelli und Mercalli untersucht worden[1]). Demselben gingen, ebenso wie den früheren Beben 1752 und 1854, schwächere Stösse vorauf, besonders in der Nacht vom 22. bis 23. Februar, die ordentlichen Stösse folgten am Morgen des 23. Februar 6^h 22^m, 6^h 31^m und 8^h 53^m mittlerer Zeit von Rom. Der erste und stärkste Stoss war undulatorisch und soll 30 Sekunden gedauert haben. In Oreglia war die Wurfkraft dieses Stosses so gross, dass sie einem Stück Hausgesimse von 2500 *kg* Gewicht eine horizontale Bewegung von 9.4 *m* erteilte. An manchen Orten in der Zone der stärksten Erschütterung will man vor der Bewegung des Bodens ein Geräusch vernommen haben gleich dem Rasseln eines Eisenbahnzuges oder eines über Pflastersteine fahrenden Wagens oder gleich fernem Donner. Zur Ermittelung der Richtung des ersten Stosses haben die Schwankungen von Lampen, Verschiebungen und Fallrichtungen von Gegenständen, Stillstand der Pendeluhren, Situation der Zerstörung an Gebäuden gedient. Es ergab sich folgendes:

1. In dem ganzen, am meisten erschütterten Teile des ligurischen Apennins existierte keine vorherrschende Richtung; dies weist auf ein linienförmiges Epizentrum parallel zur ligurischen Küste hin, wie bereits einige vermutet haben. Hingegen herrschten in den Orten im Osten vom Meridian von Oneglia die Richtungen zwischen Ostnordost, Westsüdwest und Nordost-Südwest vor, und in denen westlich von diesem Meridian waren die Wellen in grosser Mehrheit zwischen Ostwest und Südost-Nordwest. 2. An vielen Orten wechselte während des ersten Stosses zwei- und vielleicht mehrmal die Schwingungsebene der Erdbebenbewegung, so dass man in ihnen die Richtung des Hauptstosses oder die Richtung der Erdbebenwellen, die mit geringer Abweichung direkt vom Zentrum und von der vertikalen Hauptbewegung kamen, unterscheiden konnte von den sekundären Wellen aus anderer Quelle. Oft fanden sich unter den verschiedenen Richtungen zwei vorherrschende, die zu einander senkrecht standen. 3 Ausserhalb des „zentralen“ Gebietes, besonders im Paduaner Thal, herrschte die auf das Hauptzentrum der Erschütterung hinweisende Richtung nur gegen Ende des Stosses vor, während es scheint, dass am Anfange die kristallinischen Gesteine der Westalpen, die einige Momente vor den benachbarten rezenten Terrains erschüttert wurden, die Erdbeben-

[1]) Atti della R. Accad. dei Lincei Rendiconti 1888. [4] **3.** (2) p. 3.

Digitized by Google

bewegung abgelenkt haben nach der Axe des Paduaner Thales mit einer nahezu Ost-West-Richtung. 4. Trägt man alle bedeutenderen Richtungen auf eine topographische Karte des westlichen Ligurien ein, so sieht man, dass sie in grosser Mehrzahl im Meere zwischen Oneglia und S. Remo, und zwar zwischen 15 und 25 *km* etwa im Süden vom Strande konvergieren. Dorthin, muss man das oberflächliche Zentrum oder das Hauptepizentrum des Erdbebens verlegen, und dies wird besonders bestätigt durch die allgemeine Gestalt der isoseismischen Kurven, die merklich konzentrisch sind zu einem Gebiet, das etwa 20 *km* südlich liegt von P. Maurizio. Diese Bestimmung wird noch durch andere Thatsachen bestätigt, weche es wahrscheinlich machen, dass ein sekundäres Zentrum nahe bei Nizza im Meere gelegen. Aus der Vergleichung der zuverlässigeren Angaben über die Zeit des Hauptstosses ergab sich, dass die Orte der ligurischen Küste zwischen Nizza und Savona von dem grossen Stosse getroffen wurden um 6^h 20^m morgens. Vergleicht man diese Zeit mit denjenigen, in welchen der Stoss an den einzelnen Orten angekommen, so findet man, 1. dass im allgemeinen (von dem angenommenen Epizentrum ausgehend) alle allmählich zunehmen, was die Bestimmung des Epizentrums bestätigt; 2. dass die Erdbebenbewegung sich mit etwas verschiedener Geschwindigkeit in verschiedenen Richtungen, vom Erschütterungszentrum ausgehend, fortpflanzte: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit war z. B grösser nach Westen, also nach Nizza und Marseille (im Mittel 1452 *m*) und kleiner nach Genua (im Mittel 584 *m*). Nur an wenigen Orten war es möglich, mit einiger Genauigkeit den Winkel des Aufsteigens des Stosses zu bestimmen, jedoch scheint der Wert von etwa 40° hinreichend sicher zu sein für verschiedene Orte zwischen S. Remo und Albenga Stützt man sich auf diese Daten und auf die weniger schnelle Abnahme des Winkels mit der Entfernung vom Zentrum bei dem ligurischen Erdbeben im Vergleich zu dem andalusischen vom 25. Dezember 1884, so kommt man zum Schlusse, dass die Tiefe des Hauptzentrums auf etwa 18 *km* angegeben werden kann, und etwas geringer die des sekundären Zentrums im Nizza-Meere. Vielleicht hatten die vorangehenden Stösse und der grösste Teil der nachfolgenden auch im Hauptzentrum ihren Sitz; die ersten in einer grösseren Tiefe, die letzteren in geringerer als der verheerende Stoss, d. h. das Zentrum hätte sich nach den ersten seismischen Anstrengungen in der Nacht vom 22. zum 23. nach der Oberfläche hin verschoben. Der grosse Stoss vom 23. Februar wurde im Meere zwischen Corsika und der westlichen Riviera von mehreren Fahrzeugen wahrgenommen, welche nach allen Richtungen gestossen wurden, wie wenn sie auf einen harten Boden aufgefahren wären. Fast an allen Orten der Riviera hatte das Meer am Strande im Moment des ersten Stosses sich ein wenig gesenkt und kehrte dann plötzlich in sein früheres

Digitized by Google

Niveau zurück, ohne jene heftigen Wellen, welche den grossen Stössen bei anderen Küsten-Erdbeben folgten. Sicher ist die Thatsache, dass in Nizza, in S. Remo und in Savona nach dem Erdbeben am Strande tote Fische gesammelt worden sind. Nach Belotti sind die in Nizza gesammelten, toten Fische Bewohner beträchtlicher Tiefen. Derselbe, Belotti, fand wenige Tage nach dem Erdbeben im Meere von Nizza viele Exemplare von Alepocephalus rostratus, einem Fische der grossen Tiefe. Es scheint daher, dass in der Tiefe des Meeres bei Ligurien gleichzeitig mit dem Erdbeben heftige Erscheinungen aufgetreten sind, welche wiederum die bereits bestimmte Lage des Erschütterungszentrums bestätigen. Das Erdbeben erzeugte auf dem Lande nur oberflächliche und wenig bedeutende Veränderungen, welche keine innige Beziehung zur inneren Ursache der Erscheinung zeigen, indem sie offenbar nur dynamische Wirkungen sind, die veranlasst wurden durch die Fortpflanzung der Erdbebenbewegung in den oberflächlichen und weniger festen Erdschichten, welche zerbrachen oder leichte Verschiebungen erlitten und so die Zirkulation des wenig tiefen Wassers verschieden veränderten. Dieser Mangel an wichtigen Erscheinungen im Boden, wie sie gewöhnlich aufzutreten pflegen in der Nähe des Epizentrums eines grossen Erdbebens, bestätigt immer wieder, dass das Erschütterungszentrum nicht auf den Kontinent verlegt werden darf in die Nähe der am meisten verheerten Orte, sondern ins Meer, wie oben gezeigt ist. Im Gefolge des Stosses vom 23. Februar fehlten jene atmosphärischen Erscheinungen, welche eine ausserordentliche Bildung atmosphärischer Elektrizität bezeugen, wie sie nach dem grossen andalusischen Erdbeben von 1884 aufgetreten sind. Hingegen ist wohl verbürgt die Entwickelung starker Erdströme im Momente des ersten Stosses des ligurischen Erdbebens. Mit weniger Sicherheit wurden verifiziert Störungen in den Magnetnadeln, aber jedenfalls nur lokale und unbedeutende: auf jeden Fall sind sie als indirekte Folgen der seismischen Erscheinungen zu betrachten und ohne deutlichen Zusammenhang mit der inneren Ursache des Erdbebens. Etwa neun Minuten nach dem ersten Stosse folgte ein zweiter sehr starker und langer, der die Verheerungen vermehrte; dann gegen 8^h 53^m folgte ein dritter kurzer, der stärker war als der zweite, aber weniger als der erste, und der verheerendste von allen. Infolge des dritten Stosses stürzten in Diano, Marina, Bussana etc. weitere Häuser ein, und wurden noch mehr Menschen getötet und verwundet. Sehr leicht wurden der zweite und besonders der dritte Stoss bemerkt in dem ganzen Gebiete, in dem der erste bemerkbar war In der Zentralzone traten ziemlich zahlreiche (etwa 22) leichte Wiederholungen auf, während des ganzen Tages am 23. und in der Nacht vom 23. zum 24.; eine einzige war stark (um 2^h 20^m), dann nahmen die leichten Wieder-

Digitized by Google

holungen allmählich an Häufigkeit ab, aber sie kehrten noch zahlreich wieder bis zum 11. März, wo die heftigste aller Wiederholungen nach den drei ersten Stössen eintrat. In Savona wurden vom 23. Februar bis zum 11. März circa 50 deutliche Stösse gezählt. Im ganzen wurden durch die drei ersten Stösse, die einzig zerstörenden, 640 Menschen getötet und fast ebensoviele verwundet."

Bei Prüfung des in der Schweiz gesammelten Materials kommt Tarnutzer[1]) zu der Meinung, dass der fast gleichzeitige Eintritt der Erschütterung beim ligurischen Erdbeben zeige, dass die Bewegung weder von einem Punkte, noch von einer Linie der Erdoberfläche, sondern durch eine grosse, ihre Stellung verändernde Erdscholle hervorgerufen wurde. Dieser Schluss scheint freilich durch die Zeitangaben nicht gerade geboten zu sein, obgleich das Beben sich sonst wohl als tektonisches kennzeichnet. Tarnutzer meint, dass im Golf von Ligurien, der ein eingesunkenes Stück Erdrinde ist, am ziemlich steil abstürzenden bogenförmigen Küstenrande eine unterseeische Scholle sich gegen die Tiefe bewegte, und zwar nahezu gleichzeitig auf allen Punkten ihrer Fläche Aus der Bewegung des Meeres an der Küste könne man ersehen, dass die Ursache der Erschütterung eine Senkung im Meere gewesen sei

Die Bodenerschütterungen, welche dieses Erdbeben verursachte, haben, soweit sie durch seismische oder magnetische Instrumente nachweisbar wurden, eine ausserordentliche Ausdehnung gehabt; sie sind in Basel, Paris, Köln, Brüssel, Greenwich, Wien und Lissabon durch die Instrumente angezeigt worden. Die genaueren Angaben an diesen Orten führen im Mittel auf eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 2000 bis 2500 *m* in der Sekunde, also erheblich mehr als Taranelli und Mercalli aus den Beobachtungen in der Nähe des Herdes der Erscheinung fanden.

Das Erdbeben, welches am 12. Juli 1889 in Wjernoje in Zentralasien grosse Verheerungen anrichtete, machte sich in seinen Erschütterungen an den Libellen der berliner Sternwarte bemerkbar[2]). Die Erscheinung begann $11^h 27^m$ mittlerer Zeit von Berlin und wurde vom Beobachter A. Markuse sogleich als Wirkung eines fernen Erdbebens erkannt. Das Zentrum des Erdstosses lag $4^h 14^m$ östl. von Berlin und 10.5^0 südlicher als diese Stadt, in einer Entfernung von etwa 4600 *km*. Dabei fand der Erdstoss in Wjernoje $11^h 1^m$ mittlerer Zeit von Berlin statt, während die Erdbebenwelle in Berlin nach Verlauf von 26 Minuten, zur Wahrnehmung gelangte. Dasselbe Erdbeben hat sich auch durch mechanische Störungen an den mag-

[1]) A. a. O. p. 27.
[2]) Astronomische Nachrichten Nr. 2910

netischen Apparaten zu Powlowsk bemerkbar gemacht[1]) Die Entfernung beider Punkte beträgt 4836 *km*, und nach Wild würde die erste Bewegung 23 Minuten gebraucht haben, um diese Distanz zu durchlaufen, was auf 35 *km* pro Sekunde führt. Dieser Wert weicht um etwa $^1/_7$ von demjenigen ab, der sich aus der Beobachtung von Markuse ergiebt, doch ist letzterer (nahezu 30 *km* in der Sekunde) jedenfalls vorzuziehen, da die selbstregistrierenden Apparate, sobald es sich um die einzelne Minute handelt, meist unzuverlässig sind.

Jährliche Periode der Erdbeben. Die in Norwegen seit 1834 aufgezeichneten (328) Erdbeben hat J. Ch. Thomassen nach Monaten geordnet[2]) und ein Maximum im Winter, sowie ein Minimum im Sommer gefunden. Die Periodizität tritt sehr deutlich hervor, und die Kurve der Häufigkeit stimmt völlig mit derjenigen der Verteilung von 1228 schweizer Erdbeben, welche Otto Volger aufführte. Hann[3]) hat beide Reihen vereinigt und den normalen jährlichen Gang der Erdbebenhäufigkeit rechnungsmässig dargestellt. Das Maximum fällt hiernach Anfang Februar, das Minimum nahe Mitte Juni.

Beziehungen der Erdbeben um Wernyj 1887 zu den meteorologischen Erscheinungen sind von A. Wosnessenskij hervorgehoben worden[4]). Er fand, dass 71 % aller damaligen Erdstösse bei fallendem, 29 % bei steigendem Barometer eintraten, ferner 61 % bei unternormalem, 39 % bei übernormalem Luftdruck.

Eine sehr umfassende Zusammenstellung über die Häufigkeit der Erdbeben in den verschiedenen Monaten des Jahres und in verschiedenen Ländergebieten hat Knoll gegeben[5]). Um die Einwirkung etwaiger sekundärer Perioden zu eliminieren, hat er die Häufigkeit durch drei Monatsmittel dargestellt und giebt folgende Tabelle:

	Japan	Europa	Griechisch. Archipel	Ostindisch. Archipel	Neuseeland	Chile
	1872—80	306—1842	1859—81	1873—81	1869—79	1871—81
Januar	24.7	**147.7**	184.5	30.4	19.1	8.5
Februar	24.0	138.6	223.4	32.5	22.6	6.4
März	23.3	119.4	**232.6**	31.1	20.5	6.4
April	22.6	104.6	194.4	30.4	19.1	9.2
Mai	21.2	94.7	177.5	31.1	17.7	12.0
Juni	21.9	95.4	164.7	30.4	19.1	14.8
Juli	19.7	100.4	195.1	**33.2**	22.6	17.0
August	14.9	101.8	177.5	29.0	**24.0**	**17.7**
September	15.5	110.2	**258.1**	**33.2**	22.6	16.3
Oktober	19.1	110.9	244.6	29.7	20.5	15.6
November	**25.5**	123.7	241.8	30.4	17.0	14.1
Dezember	**25.5**	136.4	188.1	29.0	19.1	12.7

[1]) Comptes rendus **109.** p. 164.
[2]) Bergens Museums Aarsberetning for 1888.
[3]) Meteorologische Zeitschrift 1890. p. 77.
[4]) Repert. für Meteorologie **12.** Nr. 4. Petersburg 1888.
[5]) Transact. Seismol. Soc. Japan. **9.** p. 1.

Digitized by Google

Verhalten der Tiere bei Erdbeben. Andries hat die Angaben hierüber gesammelt und diskutiert [1]).

Untermeerische Erdbeben und Vulkanausbrüche. Diese Erscheinungen sind, selbst was das lediglich Thatsächliche anbelangt, noch sehr wenig untersucht worden. Neuerdings hat jedoch E. Rudolph in einer sehr bemerkenswerten Studie [2]) durch Zusammenstellung und kritische Beleuchtung des vorhandenen Materials einen sehr wichtigen Beitrag zur genaueren Kenntnis derselben geliefert. Er definiert zunächst die „Seebeben“ als „Erderschütterungen, deren Ursprung im Meeresboden liegt, und die sich, auf die ozeanische Wassermasse übergehend, in derselben als Elastizitätswellen fortpflanzen“, eine Definition, der man nur beipflichten kann. Was den allgemeinen Eindruck anbelangt, welchen ein Seebeben hervorruft, so ist es stets der, „als wenn das Schiff den Boden berührt hätte und mit schneller Fahrt darüber hinweg gezogen würde, oder als ob es wie beim Stranden auf Grund geraten wäre oder auf ein Korallenriff gestossen hätte. Die Intensität der Seebeben ist natürlich ausserordentlich verschieden. Bald ist es nur ein leises, fremdartiges Zittern, welches dieselbe im Schiffe hervorbringt, und welches auch wohl als Erschütterung bezeichnet wird, die jedoch nicht stärker ist, als wenn die Ankerkette ausläuft oder ein schwerer Gegenstand über Deck gerollt wird; bald macht sich eine stossende Bewegung an Deck wahrnehmbar, wodurch das Schiff ins Schwanken gerät, Masten und Raen erzittern, und das Steuerruder hin und her stösst, so dass das Schiff demselben nicht gehorcht; bei noch stärkeren Stössen werden selbst schwere Gegenstände umgeworfen und Leute in die Höhe geschleudert; endlich können die schrecklichsten Stösse Schiffe entmasten und arge Beschädigungen anrichten, das ganze Schiff gerät in Konvulsionen, als ob es in Stücke fallen wolle. In solcher Stärke treten die Seebeben glücklicherweise nur selten auf, in den weitaus meisten Fällen gehen sie nach längerer oder kürzerer Dauer, ohne ernstlichen Schaden zu verursachen, vorüber.“ Virlet d'Aoust beschreibt ein Seebeben an der Küste Kleinasiens, wobei das Schiff, eine französische Korvette, dermassen erschüttert wurde, dass man einen Augenblick die gänzliche Zertrümmerung desselben befürchtete. Es war dies die Folge eines vertikalen submarinen Stosses, und die Korvette wurde durch denselben heftig in die Höhe gehoben. Rudolph beweist nun durch eine lange Reihe von zuverlässigen Zeugnissen, dass auch der stärkste Vertikalstoss durchaus nicht notwendig eine Welle an der Meeresoberfläche zur Folge hat, ja dass bei glattem Seespiegel und Windstille auch der intensivste Stoss eine Änderung im Zustande des Meeres nicht hervorruft.

[1]) Potonié's Wochenschrift 1889. Nr. 18.
[2]) Gerlandt, Beiträge zur Geophysik 1887. 1. p. 133 u. ff.

Diese Thatsache kann als durchaus feststehend betrachtet werden, ebenso sicher ist es aber auch, dass in gewissen, wie es scheint, aber seltenen Fällen, das Meer sich zu mächtigen Wellenbergen erhob, die bei ihrem Fortschreiten über den Ozean als hohe Wogen sich kenntlich machten. In anderen Beispielen wird berichtet, dass das Meer längsseits des Schiffes oder unter demselben zu sieden schien, oder dass das Wasser in Strahlen von 12 bis 15 Fuss Höhe emporgeschleudert wurde, als wenn es kochte. Dass dies wirklich durch vertikale Bodenstösse hervorgerufen werden kann, dafür liefert Rudolph einen experimentellen Beweis, dagegen betont er sehr richtig: Die Entstehung der Flutwellen, die bei allen den angezogenen Erdbeben eintrat und bei dem amerikanischen vom Jahre 1869 zu Iquique, Arica und Paragua nach der vorhergehenden Senkung des Meeresspiegels um 16 Fuss, ein Steigen des Meeres um 6 Fuss über sein gewöhnliches Niveau veranlasste, darf dem Aufwallen des Wassers auf keinen Fall zugeschrieben werden. Auffallend ist, dass der Dampfer „Payta“ trotz der Nähe am Lande von der Flutwelle nicht das geringste merkte, obgleich sie fast ebenso verderblich gewesen sein soll wie die von 1868, während doch der Dampfer „John Elder“ am 9. Mai 1877 in einer Entfernung von 23 Seemeilen von der Küste von der aufflutenden See auf einen steilen Wellenberg gehoben wurde: „ein schäumender Abgrund sog die Gewässer an den Flanken auf, während die Schraube mit unheimlichem Geräusch, in der Luft sich drehend, zischte, dann bog sich das Schiff vorn über und stürzte mit tosendem Geklatsche in die Tiefe. Besonders zu beachten ist noch die geringe Verbreitung der Flutwelle, die, wie auch durch andere Beispiele bestätigt wird, oft auf ganz lokal beschränktem Gebiete auftritt, während in geringer Entfernung davon keine Spur einer Welle zu sehen ist. Das Erdbeben, welches am 7. September 1882 den Isthmus von Panama durchsetzte und auch auf See sich bemerkbar machte, hatte weder zu Panama, noch zu Colon irgend welche Wellenbewegung zur Folge, was besonders betont wird, während in Miguel la Borda, 35 Seemeilen westlich von Colon, die Flut zu einer ungewöhnlichen Höhe stieg. Die Schallerscheinungen, welche Seebeben zu begleiten pflegen, sind sehr verschieden: bald rollend, rasselnd, brausend, bald als Zischen, Stöhnen oder Heulen geschildert, bisweilen mit dem Rollen eines schwer beladenen Wagens oder dem entfernten Donner verglichen, oder auch dem Geräusch, welches unter Wasser abgelassener Dampf verursacht, der in donnerndem Poltern stossweise brüllt. Meist scheint das Geräusch unterseeisch zu sein, bisweilen heisst es auch, es komme aus der Atmosphäre. Eine Beeinflussung der Magnetnadel bei Seebeben wird meist nicht gemeldet, einige wenige entgegengesetzte Beispiele hat Rudolph gesammelt und glaubt, dass wirklich magnetische Störungen beobachtet worden seien. Uns scheint

Digitized by Google

dies mehr als zweifelhaft, so weit man dabei über die lediglich mechanische Einwirkung auf die Bewegung der Kompasse hinausgeht. Was die Dauer des einzelnen Seebebens anbelangt, so hat Rudolph 105 Angaben sammeln können, worunter 60 eine Dauer von 1 bis 60 Sekunden ergaben, 4 gehen bis zu 10 Minuten, 5 über 10 Minuten. Diese Angaben sind sicherlich meist alle zu hoch, und es ist auch nicht schwer, den Grund der Überschätzung zu finden; der Irrtum wird durch die eigentümliche Bewegung des Schiffes hervorgerufen, die natürlich länger andauert als der Stoss. Es ist gar keine Veranlassung, zu glauben, submarine Bodenstösse seien von längerer Dauer als solche, welche das Festland treffen. Was die Ausbreitung der Seebeben, die Grösse des Schüttergebietes, anbelangt, so lässt sich aus naheliegenden Gründen hierüber nur in seltenen Fällen etwas Genaues ermitteln Rudolph hat einige Beispiele genauer diskutiert und fand in denselben, dass die seitliche Ausdehnung der Schütterbewegung eine geringe war. „Sollte es“, sagt er, „ferner ein blosser Zufall sein, dass so höchst selten ein Fortschreiten der Erschütterung unter dem Schiffe durch konstatiert werden konnte, dass meistens von einem Stoss die Rede ist, welcher ein mehr oder minder starkes Erzittern des Schiffes hervorruft? Der fast stehend gewordene Ausdruck, es habe den Anschein gehabt, als sei das Schiff auf eine Untiefe aufgefahren oder habe auf ein Riff gestossen, deutet meiner Meinung nach auf kurze, succussorische Stösse, welche das Schiff vertikal von unten treffen. Es liegt in der Natur der vertikalen Erdbeben und in den Eigenschaften des flüssigen Mediums, durch welches die Stösse sich verbreiten, begründet, dass ihre seitliche Fortpflanzung geringe ist. Die submarinen Erdbeben haben in vieler Hinsicht Ähnlichkeit mit solchen, welche wie diejenigen der Insel Ischia hohe Intensität des Stosses und Beschränkung des Schüttergebietes als charakteristische Eigentümlichkeiten an sich tragen. Wir sind somit zur Bestätigung der Ansicht gekommen, welche R. Mallet schon in seinem ersten, vor der englischen Naturforscherversammlung über die Erdbebenphänomene erstatteten Berichte ausgesprochen hat, dass nämlich das Schüttergebiet der vertikalen Stösse, besonders bei den auf See angestellten Beobachtungen, meist auf einen kleinen Raum beschränkt sei. Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der submarinen Erdbebenwellen verbreitet Rudolph sich sehr eingehend. In dieser Beziehung ist das Erdbeben, welches am 31. Dezbr. 1861 den gesamten bengalischen Meerbusen und seine Umgebung erschütterte, besonders lehrreich. „Wir verdanken die exakte Fixierung des Moments, in welchem das Erdbeben eintrat, ganz allein dem Umstande, dass rund um den Meerbusen eine Anzahl von Flutmessern aufgestellt ist, welche die Erdbebenwelle und die nachfolgenden Flutwellen registrierten. Dadurch wurde es ermöglicht, die Lage des Epizentrums, die

Digitized by Google

Oberflächengeschwindigkeit der Erd- und Flutwelle und die ungefähre Gestalt des seismischen Herdes mit einer so hohen Genauigkeit zu bestimmen, wie es wohl bisher noch in keinem Falle möglich war. Aus den Untersuchungen von Oldham ergiebt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwelle zwischen Port Blair und

Calcutta	1947	engl. Fuss
Madras	1948	"
False Point . . .	1807	"

im Mittel nach Oldham zu 1950 engl. Fuss = 594 *m* pro Sekunde." Im zweiten Abschnitt seiner Untersuchungen wendet sich Rudolph zur Erklärung der wahrgenommenen Erscheinungen, wobei er zunächst die bisherigen Ansichten über die Entstehung der sogenannten Erdbebenflutwellen einer kritischen Betrachtung unterzieht. Rudolph kommt zu dem Ergebnisse, dass eine befriedigende Erklärung noch nicht geliefert ist, doch giebt er darin Professor Geinitz Recht, dass die Art, wie die Flutwellen gegen das Festland herantreten, ob in Form einer ersten Erhebung oder Senkung des Meeresspiegels, eine sekundäre Erscheinung sei, „abhängig von der jedesmaligen Schwingungsphase der Welle und von Interferenzerscheinungen". Am wichtigsten für das genauere Studium erweisen sich wiederum die Aufzeichnungen der Flutmesser der indischen Tidenstationen gelegentlich des submarinen Ausbruchs im bengalischen Meerbusen am 31. Dezember 1881. „Hier können wir erwarten", sagt Rudolph, „ein wahres und klares Bild dessen zu erhalten, was wirklich an der Meeresfläche der Bai vor sich ging". Was finden wir nun? „An allen Stationen traf die Störung zur Zeit der Ebbe ein und beginnt gleichmässig mit einem äusserst schroff ansteigenden Wellenberg ohne vorübergehendes Thal. Dieser unvermittelte Übergang der ganz ruhigen Kurve in eine fast senkrecht emporsteigende Linie ist vor allem beachtenswert. Wir wissen, dass zu Madras im Telegraphenamt die elektrische Uhr stehen blieb, dass in False Point das Gezeitenobservatorium erschüttert wurde, und in Point Blair sich das Erdbeben ziemlich deutlich fühlbar machte; trotzdem ist nicht die geringste Veränderung im Verlaufe der Kurven bemerkbar, obgleich am letzten Orte nur 19 Minuten vergingen, in False Point über drei Stunden, bis die erste Welle eine Änderung hervorrief. Die einzige Ausnahme, welche Negapatam macht, rührt von der fehlerhaften Aufstellung des Instrumentes her, die sich auch in der ganz eigentümlich gestalteten Normalkurve ausdrückt. Wenn irgendwo auf Erden, so sind gerade im nördlichen Teil des Meerbusen von Bengalen die Verhältnisse günstig, um eine Prüfung der oben genannten Hypothesen zu gestatten; es würde aber wohl schwerlich jemand gelingen, aus unseren Diagrammen ein „Fluten oder Strömen" entweder an den Küsten entlang oder von denselben weg, wie es Graf Berg ver-

Digitized by Google

langte, herauszudeuten. Ein „allseitiger Zufluss zum Depressionsgebiet" oder, wie wir auch sagen können, zur eingestürzten Fläche des Meeresgrundes müsste, wenn er hätte wirksam sein sollen, einen anderen Einfluss auf die Kurven ausgeübt haben. Von allen Voraussetzungen, die gemacht sind, um die Erscheinung der Erdbebenflutwellen zu erklären, ist hier keine Spur. Auch die Annahme, welche Geinitz machte, und die noch am wahrscheinlichsten klang, ist nicht länger haltbar. Denn trotz der ungeheueren Ausdehnung des Schüttergebietes war die Intensität des Stosses eine sehr geringe, am grössten noch in der Nachbarschaft des Epizentrums auf Kar Nikobar, wo die Hütten der Eingeborenen und ihre Anpflanzungen umgeworfen wurden, ferner in Point Blair, wo an den Militärkasernen sich einige Sprünge zeigten, während die Erschütterung an der gegenüberliegenden Küste von Birma schon fast nicht mehr merklich war". Von überaus grosser Wichtigkeit für die Deutung der Erscheinungen bei Seebeben sind die Beobachtungen, welche L. J. Le Conte anstellt, als im Jahre 1874 im Hafen von San Franzisko grossartige Sprengungen vorgenommen wurden. Es ist, sagt Rudolph, wahrhaft überraschend, zu sehen, wie alle die Umstände, welche durch ein Seebeben bedingt sind oder mit einem solchen zusammen vorkommen können, der submarine Stoss, das Schallphänomen, das Aufwallen des Wassers, die grosse Welle, wenn man will auch die angeblich durch ein Seebeben veranlasste Beschädigung eines Fahrzeuges und die allerdings seltene Erscheinung, dass Fische tot an die Oberfläche steigen, hier vereint durch die Explosion eines Sprengstoffes verursacht sind. Einen genetischen Zusammenhang zwischen den Erdbebenflutwellen und den Seebeben erkennt Rudolph nicht an: „Seebeben werden durch seismische Erschütterungen des Meerboden verursacht. Erreichen die Erdbebenwellen die Grenzen des Meeresgrundes und der ozeanischen Wassermasse, so werden sie gebrochen und treten in das elastische Medium des Wassers über. In demselben verbreiten sich die Wellen mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Wasser und machen sich, sobald sie auf ein anderes Medium, z. B. einen Schiffskörper, treffen, als Stoss bemerkbar. Hat die die Wellen erregende Erschütterung aufgehört, so endet auch die Stosswelle, wie der homogene und isotrope Charakter des Wassers es bedingt. Eine rasche Aufeinanderfolge von schwachen Wellen wird ein leises Erzittern verursachen, jede intensive Welle versetzt dem Schiffe einen Stoss, der je nach der Richtung, in welcher dieselbe auftritt, das Schiff emporheben oder auf die Seite stossen kann. An der Oberfläche des Meeres kann die kurze, intensive Stosswelle keinerlei Oberflächenwellen hervorrufen, nur die senkrecht zur Meeresfläche gerichteten Stösse durchbrechen die gespannte kapillare Oberflächenhaut des Wassers und werfen Strahlen auf, die den Eindruck erwecken,

Digitized by Google

als koche und siede das Wasser. Der Schall tritt zugleich mit der Stosswelle aus dem Meer, ist also an diese gebunden, in der Atmosphäre verbreitet sich derselbe jedoch sogleich in Kugelwellen nach allen Seiten, so dass das Rollen oder der Donner in Gegenden vernommen werden kann, die von der Erschütterung nicht betroffen worden sind; die mit submarinen Erdbeben häufig gleichzeitig auftretenden Flutwellen können nicht auf die gleiche Ursache zurückgeführt werden, sie verdanken ihre Entstehung gewaltigen, submarinen Eruptionen, sei es Dampf- oder Gasexplosionen oder Ergüssen von Lava, die durch die Berührung mit der kalten Wassermasse ebenfalls Dampfmassen erzeugen müssen". Das Ergebnis, zu welchem Rudolph kommt, ist also kurz dieses: submarine Erdbeben als solche erzeugen keine Flutwellen, sondern letztere entstehen nur dann wenn submarine Eruptionen stattfinden. Was die geographische Verteilung der seismischen und vulkanischen Erscheinungen über die drei grossen Ozeane anbelangt, so liegt bezüglich des Atlantik das reichste Material vor, und Rudolph kommt durch Diskussion desselben zu folgenden Schlüssen, die durch die ferneren Schilderungen weitere Bestätigung und nur geringe Erweiterung erhalten:

I. Submarine Erdbeben und Eruptionen kommen in allen Meerestiefen vor, in der Flachsee, wie in der Tiefsee, auf den unterseeischen Rücken, wie in den eigentlichen Depressionsgebieten.

II. Die Häufigkeit und Intensität in der Äusserung der seismischen und eruptiven Kräfte ist nicht von der Entfernung von thätigen oder erloschenen Vulkanen abhängig.

III. Es giebt habituelle Stossgebiete und ganz seebebenfreie Meeresteile; mit Ausnahme der letzteren Gebiete treten ausserdem Seebeben auch vereinzelt und zerstreut über den Ozean auf.

„J. W. Dawson", sagt der Verf. am Schlusse seiner Untersuchung, „weist in seiner Eröffnungsrede vor der 56. Versammlung der britischen Naturforscher darauf hin, dass der Atlantik, obwohl verhältnismässig schmal, doch einen älteren Zug im Antlitz der Erde bildet, während der Pazifik einer jüngeren Zeit angehört. Der Atlantik ist relativ tiefer und weniger mit Inseln bedeckt, als der Pazifik, der seine hohen Gebirgsrücken in unmittelbarer Nähe der Küsten liegen hat, letztere gehören einer viel jüngeren Epoche an und zeigen noch thätige Vulkane. Die vorstehende Betrachtung der geographischen Verteilung der submarinen Eruptionen bietet der Behauptung Dawson's eine wesentliche Stütze. Wenn auch die seismische Kraft der subatlantischen Erdrinde noch nicht erstorben ist, die eruptive ist jedenfalls, wenn wir von den wenigen bekannten vulkanischen Inseln absehen, eine äusserst schwache und könnte im Verhältnis zu derjenigen des Pazifik als fast erloschen bezeichnet werden." Wenden wir uns jetzt zur Erklärung des ganzen Phänomens, so befinden wir uns sofort, auch trotz des reichen Materials, über

Digitized by Google

welches der Verf. gebietet, auf einem durchaus hypothetischen Gebiete. Auf die primäre Ursache der Bodenerschütterungen geht Rudolph überhaupt nicht genauer ein, dagegen entwickelt er die Verschiedenheiten von Kontinent und Festland im Auftreten vulkanischer und seismischer Erscheinungen. „Auf dem Festlande“, sagt er, „ist das Vorkommen des Vulkanismus in der Jetztzeit an die grossen Bruchränder gebunden, welche Meer und Kontinent trennen. In mehr oder minder weiter Entfernung vom Ozean haben sich die Vulkankegel auf den junggehobenen Gebirgen aufgebaut. Im Innern der Festlandsschollen, fern von den Meeren fehlt jegliche Äusserung einer rezenten vulkanischen Thätigkeit. Auch die Erderschütterung, besonders die am häufigsten vorkommende Art derselben, die tektonischen Erdbeben, sind auf die hohen Gebirge beschränkt, deren Faltungsprozess noch nicht abgeschlossen ist“. „Wie in vulkanischer Beziehung stehen sich Festland und Meeresboden auch in seismischer einander schroff gegenüber. Auf den wichtigen Umstand, dass die meisten litoralen Erdbeben ihren Ursprung in dem meerbedeckten Teile der Erdrinde haben, wurde schon oben aufmerksam gemacht. Während ferner die kontinentalen Ebenen verhältnismässig erdbebenfrei sind, zeigen die Meeresbecken gerade in ihrer Mitte die stärksten seismischen Erschütterungen.“ Alles zusammenfassend, entscheidet sich Rudolph dahin, „dass die meerbedeckten Teile der Erdrinde die schwächeren, dünneren Schollen bilden, die Festländer bestehen aus festeren, dickeren Rindenstücken. Dabei lässt sich unter den drei grossen Ozeanen noch wieder ein Unterschied bemerken. Die grosse, nach pazifischem Typus gebaute Küste fällt fast in ihrer ganzen Längenerstreckung mit der Grenze zwischen der Land- und Wasserhalbkugel zusammen. Letztere wird vom Stillen Ozean, der Südpolarregion und Australien bedeckt. Das ist das jüngste Meer. Hier treiben die inneren Erdkräfte noch am ungehindertsten ihr Spiel. Die Landhalbkugel umfasst die grösste Masse der Kontinente und die dazwischenliegenden kleineren Meere. In seismischer Hinsicht sind diese letzteren nicht minder stark affiziert, die eruptiv-vulkanische Thätigkeit äussert sich dagegen in geringerem Masse. Dem Pazifik gegenüber ist der Atlantik der älteste Ozean, der Indische nimmt eine Mittelstellung ein, entsprechend seiner Zugehörigkeit zum pazifischen wie atlantischen Gebiet.“

Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit unterirdischer Erschütterungen hat Naguès angestellt, und zwar in Gruben von 50—100 *m* Tiefe und in verschiedenen Gesteinen [1]). Diese Versuche fallen in die Jahre **1880—85.** und es wurde die Erschütterung an einem Quecksilberhorizont beobachtet, während ein kleiner Ausrückspiegel den

[1]) Comptes rendus **106.** p. 1110.

Digitized by Google

Augenblick des Schusses angab. Im Mittel fand sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit pro Minute in porphyrartigen Trachyten und Graniten in der Richtung der metallführenden Ader zu 1480—1500 *m*, senkrecht darauf zu 1400—1550 *m*, in kompaktem Kalkstein (der Sierra Alhamilla) parallel zu den Schichten 1400 *m*, senkrecht darauf 1200 *m*, in den Schiefern derselben Sierra 700—800 *m*. Die Geschwindigkeit der Übertragung unterirdischer Erschütterungen hängt also nicht nur von der Natur des Gesteins, sondern auch noch von anderen Umständen ab, die sämtlich und im einzelnen schwer zu bestimmen sind.

Die mikroseismischen Erderschütterungen werden seit Jahren in Italien durch Rossi studiert. Als unzweifelhaftes Ergebnis dieser Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die meisten mikroseismischen Erschütterungen durch den Druck des Windes gegen den Boden hervorgerufen werden. Sie erreichen ihr Maximum dann, wenn der Barometerunterschied (Gradient) sehr beträchtlich, und infolgedessen der Wind heftig ist, bei schwachen Gradienten und Winden sind sie auch schwach oder fehlen.

Ähnliches hat man in Japan gefunden. Die von der dortigen, 1880 gegründeten seismologischen Gesellschaft erhaltenen Resultate sind überhaupt von grösster Bedeutung. Nicht nur hat dieselbe an zahlreichen Punkten fortgesetzte Beobachtungen eingerichtet und alle diejenigen Instrumente verwandt, welche als Erdbebenmesser bei uns benutzt werden, sondern die Forscher in Japan haben ganz neue Vorrichtungen erdacht, welche mit einer bis dahin unbekannten Genauigkeit jede kleinste Bewegung des Bodens nach Richtung, Stärke und Zeit verzeichnen. Diese sinnreichen Werkzeuge haben zum ersten Male über manche bis dahin streitige Punkte Licht verbreitet. So z. B. lieferten sie den Beweis, dass bei Erdbeben, die recht merklich sind und selbst Schrecken erregen, die gesamte Bewegung des Bodens kaum 1 *mm* übersteigt, also bei einer Bewegung von etwa 1 Zoll der Umsturz ganzer Städte zu erwarten sein dürfte. Nach den früheren, bloss auf dem Gefühl und dem individuellen Eindruck und selbst auf den Schätzungen infolge stattgehabter Verwüstungen beruhenden Annahmen war man geneigt, auch bei mässigen Erdbeben an weit grössere Bodenbewegungen zu denken. Auch die Art und Weise der Bewegung des Bodens stellt sich wesentlich anders dar, als man allgemein glaubt. Die neuen Werkzeuge haben gezeigt, dass die Bodenbewegung äusserst verwickelter Art sein kann, dass sie bisweilen in zwei Augenblicken ihre Richtung erheblich ändert, ja dass eine Veränderung der Richtung fast unaufhörlich erfolgt. Prof. John Milne von der Universität zu Tokio, welcher der letzten Tagung der British Association einen Bericht über die seismologischen Arbeiten in Japan vorlegte, bemerkt bezüglich der Dauer der Erdstösse, dass die wahrnehmbaren Erschütterungen in Perioden der Hin- und Herbewegung

Digitized by Google

von 3—5 Sekunden Dauer erfolgen. Es hat sich ferner herausgestellt, dass bei starken Erdbeben die Bewegung schon in ganz geringen Tiefen, welche etwa einer flachen Grube entsprechen, weit schwächer ist als an der Oberfläche, so dass Gebäude durch geeignete Fundamentierung wirksam geschützt werden können. Im ganzen werden an mehr als 700 Punkten des japanischen Reiches alle Bewegungen des Erdbodens verzeichnet. Diese grosse Zahl von Beobachtungspunkten hat gestattet, zu erkennen, dass es unter jenem Inselreich eine Menge von „Erdbebenzentren" giebt, die verschieden oft und stark thätig sind Von der Regsamkeit dieser Mittelpunkte aber kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man vernimmt, dass durchschnittlich in Japan an jedem Tage zwei Erdstösse gefühlt werden. Eine merkwürdige, auch in Europa bisweilen beobachtete Art von Erdbeben ist das leise Zittern des Bodens, welches nur von sehr feinen Instrumenten gespürt wird. Die japanischen Forscher haben zur Untersuchung desselben besondere Vorrichtungen erdacht, die selbstthätig auch diese leisen Zuckungen der Erdoberfläche aufzeichnen. Durch diese neuen Werkzeuge und ihre Aufzeichnungen ist ein ganz unerwartetes Licht auf jene geheimnisvollen Bewegungen geworfen worden. Es hat sich nämlich ebenso wie in Italien herausgestellt, dass dieses Erzittern mit dem Winde zusammenhängt. Wenn heftige Winde wehen, macht es sich lebhaft bemerkbar, allein die Werkzeuge zeichneten solche leisen Beben der Erde auch dann auf, wenn am Beobachtungsorte der Wind still war. Als man jedoch die täglichen Wetterkarten, welche auch in Japan zusammengestellt werden, verglich, fand sich, dass an jenen Tagen der Wind stets gegen gewisse Berge wehte, welche 100—300 *km* vom Beobachtungsort entfernt sind. Grossen Erderschütterungen geht meist eine Reihe rascher und kleiner Schwingungen voraus; diese letzteren betragen kaum 0.1 *mm* und wiederholen sich sechs- bis zehnmal in der Sekunde. Der unmittelbaren menschlichen Wahrnehmung bleiben diese leisen Bewegungen verborgen, es ist aber möglich, dass gewisse Tiere sie spüren, und dass auf diese Weise das von manchen behauptete Vorgefühl der Tiere bezüglich kommender Erdbeben seine Erklärung findet. Über die Tiefen, in welchen der Herd der Erschütterungen zu suchen ist, lassen die bisherigen Beobachtungen noch Zweifel übrig. Wahrnehmungen bei der Zerstörung unterseeischer Kabel haben zu der Vermutung geführt, dass gewisse Erdbeben durch plötzliche Senkungen des Meeresbodens entstehen.

Über die Ursachen der Erdbeben haben alle bisherigen Untersuchungen noch keineswegs zu vollkommener Klarheit und Übereinstimmung der Ansichten geführt. Eine gute Zusammenstellung aller bisherigen Hypothesen in dieser Beziehung giebt Engelhardt[1]). Das wichtigste Resultat dürfte noch sein, dass

[1]) Verhandl. der Isis 1888. p. 15 u. ff.; Gaea **25.** p. 145 u. ff

Digitized by Google

eine einheitliche Ursache für diese Erscheinung, wie sie von der Buch-Humboldt'schen Schule hartnäckig festgehalten wurde, nicht existiert, sondern Erdbeben aus sehr verschiedenen Ursachen entstehen können Gegenwärtig unterscheidet man Einsturzbeben und vulkanische Beben, beide nur lokal auftretend, und tektonische Erdbeben (Struktur-, Dislokationsbeben), welche mit der Gebirgsbildung in Beziehung stehen und niemals von einem Punkte ausstrahlen, sondern bisweilen deutlich erkennen lassen. dass es weite Flächen sind, innerhalb deren sich ganze Gebirgsteile plötzlich verschieben. Suess unterscheidet davon zwei Hauptgruppen: nämlich Erdbeben, die aus tangentialen Spannungen, und solche, welche aus Senkungen hervorgehen. Erstere sind äusserst selten von vulkanischen Ausbrüchen begleitet, aber in den Senkungsfeldern treten auf den Dislokationsbrüchen und mit den Erderschütterungen die meisten vulkanischen Ausbrüche auf. Es ist dabei vorausgesetzt. dass im Innern der Erde grosse Hohlräume vorhanden sind. Nach Hopkins' Meinung beherbergt das tiefe Erdinnere Lavaseen als Reste der ursprünglichen glutflüssigen Masse, Dutton leugnet diese Herkunft und nimmt dafür lokale Behälter an, die er Maculae nannte, und die sich im Erdinnern jetzt noch bilden könnten. Nach der Vorstellung von Suess sind nun die obersten peripherischen Teile des Erdkörpers durch tangentiale Spannung festgehalten, wie ein Gewölbe. „Entweder radiale Spannung oder Abstau trennt einen Teil des Erdkörpers gegen innen ab, und es bildet sich eine grosse, der Erdoberfläche mehr oder minder parallele, bei radialem Abriss mehr ausgedehnte, bei Abstau mehr linsenförmige Ablösung, eine Macula, welche sich mit Laven füllt Findet an der Oberfläche die tangentiale Spannung nach irgend einer Richtung ihre Auslösung, z. B. durch Faltung oder Überschiebung einer anderen Scholle, so sinkt hinter der Faltung oder Überschiebung das Gewölbe in die Maculae, und auf den Sprüngen oder Einbrüchen quillt Lava hervor."

Wird die Erscheinung der Erdbeben mit Zusammenfaltung und Senkungsbewegung der Erdrinde in engste Beziehung gebracht und der Vulkanismus in untergeordnete Stellung gerückt, so tritt dieser Anschauung die anscheinend unübersteigliche Schwierigkeit entgegen, dass die Erdbeben in bezug auf ihre Häufigkeit gewissen Gesetzmässigkeiten unterliegen. Die statistischen Zusammenstellungen (S. p. 130) haben ergeben, dass im allgemeinen Erdbeben häufiger vorkommen im Herbst und Winter als im Sommer, dass sie öfters eintreten zur Zeit des Neu- und Vollmondes als in den Vierteln, dass sie weit zahlreicher sind, wenn der Mond in der Erdnähe sich befindet, als zur Zeit der Erdferne, ja es scheint sogar, dass die Erderschütterungen an einem gegebenen Orte häufiger auftreten kurz nach der Stunde des Meridiandurchganges des Mondes als viel früher und später.

Digitized by Google

Diese Statistik zeigt also, dass die Zahl der Erdbeben am grössten ist für diejenigen Mondstellungen, welche auch die stärksten Meeresfluten bedingen. Suess hat sich nicht mit Unrecht sehr misstrauisch über solche statistische Zusammenstellungen ausgesprochen und auf zwei Umstände hingewiesen, welche die ernstestgemeinten Bemühungen dieser Art vielfach zur Unfruchtbarkeit verdammen. „Die erste liegt in der alle für ähnliche Arbeiten zulässigen Grenzen weit übersteigenden Ungleichartigkeit der Überlieferung. Diese befindet sich in augenscheinlicher Abhängigkeit von dem jeweiligen Kulturzustande der Menschheit und der fortschreitenden Erschliessung entfernter Landstriche. Mallet hat im Jahre 1858 in einer kleinen Tabelle gezeigt, in wie ausserordentlichem Masse die Zahl der bekannt gewordenen Erdbeben gegen die neuere Zeit hin sich vermehrt, und dies mit Recht der grösseren Vollständigkeit der Berichterstattung zugeschrieben. Aus demselben Grunde fällt für Europa die höchste Zahl der bekannten Erschütterungen in das 19. Jahrhundert. Erst in den letzten Jahren ist uns durch Ed. Naumann's und J. Milne's Arbeiten Gelegenheit geboten worden, die älteren Aufzeichnungen über Erderschütterungen in Japan kennen zu lernen. Die zahlreichen Angaben aus dem 7., 8 und insbesondere aus dem 9. Jahrhundert unserer Zeitrechnung entsprechen dem hohen Bildungsgrade, welchen Japan bereits um jene Zeit erreicht hatte, aber auch hier schreibt Naumann die Spärlichkeit der Berichte aus dem 12. und 13. Jahrhundert den politischen Umwälzungen und den kriegerischen Unternehmungen der damaligen Zeitläufte zu. Und für wie geringe Teile der Erdoberfläche besitzen wir überhaupt irgend welche ältere Berichte! Indem wir in Tausenden von Daten Spuren einer Periodizität suchen, finden wir in denselben nur die Beweise unserer Unwissenheit Der zweite Umstand liegt in der Unmöglichkeit einer festen Regel für die Auswahl der zu verzeichnenden Einzelstösse aus irgend einer längeren seismischen Phase. Die Fälle, in welchen die seismische Bewegung sich in einem einzigen heftigen Schlage für lange Zeit erschöpft, wie dies bei dem letzten Erdbeben von Casamicciola auf Ischia vorgekommen ist, gehören zu den seltenen Ausnahmen. Weit häufiger erscheint eine ganze Reihe von Erderschütterungen mit oder ohne Begleitung von unterirdischem Getöse von wechselnder Intensität, ja öfters sogar auf einer bestimmten Linie das Maximum der Intensität von Ort zu Ort verschiebend, und der gewissenhafte Beobachter bleibt im Zweifel, welche von den zahlreicheren stärkeren oder schwächeren Bewegungen des Bodens er in seine Tabelle aufzunehmen hat, um den etwaigen Zusammenhang der irdischen Erschütterungen und der jeweiligen Stellung des Mondes und der Sonne zu prüfen.“ Diese Bedenken sind durchaus begründet, ja noch in weit höherem Grade, als der Geolog Suess annimmt,

Digitized by Google

dem die besonderen astronomischen Bedingungen ferner liegen, welchen die statistischen Untersuchungen in diesem Falle unterworfen werden müssen. Eine einfache Zusammenstellung von Erdbebentagen mit der Zeit der grössten und geringsten Entfernung des Mondes von der Erde ist beispielsweise völlig unzulässig, und die daraus gezogenen Schlüsse sind irrig, weil nicht die Dauer berücksichtigt wird, welche der Entfernung des Mondes von der Erde zwischen bestimmten Grenzen entspricht. In dieser Beziehung halten nur die Untersuchungen des Astronomen Julius Schmidt vor einer scharfen Prüfung stand. Sie beweisen aber auch, dass in dem Zeitraume von 1766—1873 auf die Bahnhälfte der Erdnähe des Mondes 183 Erdbebentage mehr und auf die Bahnhälfte der Erdferne 180 Erdbebentage weniger entfallen, als bei gleichmässiger Verteilung, also bei Unabhängigkeit von der Entfernung des Mondes der Fall sein würde. Ebenso fand Schmidt, dass die grösste Zahl der Erdbeben auf die Zeit des Neumondes fällt, dann zwei Tage nach dem ersten Viertel, dass die Anzahl zur Zeit des Vollmondes etwas geringer ist, und die kleinste Zahl auf den Tag des letzten Viertels kommt. An der Periodizität ist also doch nicht zu zweifeln, und während man einen nachweisbaren Einfluss des Mondes auf die Gestaltung des Wetters unbedingt abweisen muss, kann eine Einwirkung auf die Häufigkeit der Erdbeben nicht wohl in Frage gestellt werden. Die naheliegende Schlussfolgerung auf eine Ebbe und Flut der glühendflüssigen Masse des Erdinnern ist jedoch zu verwerfen, vielmehr die Ursache der Erscheinung wahrscheinlicher in einem ganz anderen Umstande zu suchen. Die Tiden unserer Weltmeere sind bekanntlich eine Folge der Anziehung von Sonne und Mond, allein der Schluss, dass diese Anziehung keine Deformation der festen Teile unserer Erde hervorbringt, ist irrig. Nach den Untersuchungen von W. Thomson, die in den neuen Arbeiten von G. H. Darwin durchweg Bestätigung erhalten haben, erleidet auch der starre Erdball durch die mächtige Anziehung des Mondes periodische Veränderungen seiner Gestalt, denjenigen entsprechend, welche die Meeresoberfläche in den Tiden (Ebbe und Flut) zeigt. Thomson hat mit einer Sicherheit, die jeden Zweifel ausschliesst, nachgewiesen, dass die Erdkugel, selbst wenn sie aus Stahl oder Glas bestände, dennoch den fluterregenden Einflüssen von Sonne und Mond gehorchen und Veränderungen ihrer Oberfläche erleiden müsste, welche denen eines Wasserozeans vergleichbar, aber geringer als diese sind. Die ganze Erdoberfläche oszilliert also ähnlich wie die Meeresoberfläche, nur in geringerem Grade, und in diesem periodisch wiederkehrenden, bald schwächeren, bald stärkeren, aber lediglich von der Mond- (und Sonnen-) Stellung abhängigen Pressen und Dehnen der Schichten ist der Faktor zu finden, welcher das Zusammenfalten unterstützt, Spannungen und Zer-

Digitized by Google

reissungen herbeiführt und den sonst unregelmässig eintretenden Erschütterungen eine periodisch grössere Häufigkeit verleiht. Es ist daher ganz richtig, zu erwarten, dass um die Zeit, in welcher die fluterregende Kraft des Mondes am stärksten ist, häufiger Erdbeben sich ereignen werden als zu anderen Zeiten, auch kann man wohl auf diese Zeiten im voraus hinweisen. Hier ist aber auch unser Wissen am Ende. Denn weder ist es möglich, vorherzusehen, an welchem Orte der Erdoberfläche der Zusammenbruch der Schichten und damit das Erzittern des Bodens erfolgt, noch kann man im einzelnen mit Bestimmtheit etwas über die Heftigkeit der Erschütterungen und ihre lokale Ursache voraussen. Alle Versuche, in dieser Richtung mehr zu geben, sind verfrüht und haben zur Zeit keine wissenschaftliche Berechtigung.

6. Strandverschiebungen, Hebungen und Senkungen. Korallenriffe.

Nicht nur in der Atmosphäre und den Wassermassen wird das Relief der Erdoberfläche verändert, sondern, der unmittelbaren Wahrnehmung entzogen, verschieben sich auch die starren Massen gegeneinander und pressen sich in andere Formen und Gestalten. Diese langsamen Veränderungen der Erdfeste haben gewiss zu allen Zeiten stattgefunden, aber wie gross einst ihr Mass war, und welchen Anteil sie an der Bildung der ganzen Kontinente, an dem Auftriebe der Festlandmassen über die Fluten des Ozeans genommen, darüber fehlt uns jedes Urteil Möglicherweise könnten die heutigen Bewegungen nur das letzte Ausklingen voreinstiger, weit rascherer Schwankungen sein; möglicherweise auch haben sie erst begonnen, nachdem ein gewisser Zustand der Erdkugel eingetreten war. Auf diese und viele andere Fragen kann nur die Beobachtung Antworten vorbereiten, und wir müssen uns zunächst lediglich an die empirische Wahrnehmung halten, wenn wir über die langsamen Bodenbewegungen Aufschluss gewinnen wollen.

Hierzu ist aber eine neutrale Ausdrucksweise erstes Erfordernis, und Suess hat vorgeschlagen, statt von Hebungen und Senkungen des Festen oder Flüssigen, nur von Verschiebung der Strandlinie zu sprechen. Dieselbe ist positiv, wenn das Meer vorwärts dringt, negativ, wenn der Strand seewärts vorrückt. Eine gute Zusammenstellung der verschiedenen früheren Ansichten über die Verschiebung der Strandlinie giebt Suess[1]). Was die Alten in dieser Beziehung mutmassten oder glaubten, ist gleichgültig, auch die Aussprüche des Mittelalters haben keinen Wert. Erst gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts finden sich ver-

[1]) Im 2. Bande seines Werkes: „Das Antlitz der Erde“.

Digitized by Google

ständige Gedanken. Im Jahre 1692 wurde ein junger Edelmann aus Lothringen, Benoist de Maillet, zum französischen Konsul in Ägypten ernannt. Im Jahre 1708 nach Livorno versetzt, später noch zu wiederholten Malen in die Levante gesendet, lernte er die Küsten des Mittelmeeres kennen. Er fand Anzeichen des Zurückweichens der Wasser und schloss aus denselben auf eine andauernde Verminderung des Gesamtvolums der Meere; seine Beobachtungen wurden jedoch erst nach seinem Tode, im Jahre 1748, veröffentlicht. Inzwischen wendete sich in Schweden die Aufmerksamkeit ähnlichen Vorkommnissen zu. Der Physiker Hjärne sah das Zurückweichen der Strandlinie und liess im Jahre 1702 an einzelnen Felsen Marken einhauen, um den Gang der Erscheinung zu beobachten. Em. Swedenborg meinte, es sinke das Meer, und zwar mehr im Norden, weniger im Süden. Das zeige das rasche Anwachsen des Landes in Lappland. Der Gedanke an eine Änderung der Gestalt der wässerigen Hülle des Planeten findet hier deutlichen Ausdruck. In einem am 21. Mai 1721 an Jacobus a Melle (v. Honig) in Lübeck gerichteten Schreiben stellt Swedenborg die Behauptung, zwar als noch nicht erwiesen, doch als des Nachdenkens würdig, auf: „Dass die Meere gegen die Pole sinken und (angeblich) gegen den Äquator sich erheben, und dass früher abgetrennte Inseln durch das Sinken des Meeres mit dem Lande vereinigt worden seien". Man erkennt in diesen Ausführungen den besonnenen Naturforscher, der genau weiss, wie weit seine Behauptungen begründet sind, und welche Schlüsse aus denselben überhaupt gezogen werden dürfen. Um 1724 war auch Celsius, als er die Küsten des Bottnischen Meeres besuchte, auf das Zurückweichen des Meeres aufmerksam geworden. In Tornea zeigte man ihm zu seiner Verwunderung, dass der im Jahre 1620 angelegte Hafen bereits unverwendbar sei. Schiffer wiesen ihm Stellen, welche man damals kaum mit Kähnen durchfahren konnte, während früher grosse Schiffe an denselben verkehrten. Bei Langelö und an anderen Orten sah er Ringe fern vom Meere, an denen einst Schiffe befestigt worden waren. Er schloss auf eine Verringerung des Meerwassers, und zwar in dem Masse von etwa 45 Zoll (133 *cm*) im Jahrhundert. Nichtsdestoweniger blieb die ganze Sache zweifelhaft, bis Leopold v. Buch darauf zurückkam. In den letzten Tagen des Septembers 1807 reiste derselbe von Tornea nach Süden. „Gewiss ist," schreibt er damals, „dass der Meeresspiegel nicht sinken kann; das erlaubt das Gleichgewicht der Meere schlechterdings nicht. Da nun aber das Phänomen der Abnahme sich gar nicht bezweifeln lässt, so bleibt, soviel wir jetzt sehen, kein anderer Ausweg als die Überzeugung, dass ganz Schweden sich langsam in die Höhe erhebe, von Frederikshall bis gegen Abo und vielleicht bis gegen Petersburg hin." Eine wichtige Unterstützung fand Buch's Behauptung in den Nachforschungen von Lyell, der 1834 Schweden besuchte.

Digitized by Google

Er überzeugte sich von der Richtigkeit der angeführten Thatsachen und hob schon in seinen ersten Berichten hervor, dass die Anzeichen der Erhebung des Landes im Norden viel unzweifelhafter seien, als im Süden. In späterer Zeit neigte er sich, insbesondere auf die Angaben Nilsson's gestützt, der Meinung zu, dass die Erhebung des Landes im nördlichen Skandinavien am beträchtlichsten sei, gegen Süd abnehme und bei Södertelje, wenige Meilen südwestlich von Stockholm, verschwinde, dass von da an aber gegen das südliche Ende der Halbinsel eine Senkung vor sich gehe, so dass thatsächlich eine Schaukelbewegung mit allerdings viel kürzerem Südflügel vorhanden wäre. Im nördlichen Norwegen findet man mancherorts längs dem Meeresgestade lange Terrassen und Strandfurchen, die sich aus der Ferne bisweilen wie mit einem Lineal gezogen darstellen, parallel mit der heutigen Wasserfläche. Zuweilen sind diese Linien so scharf und von so vielen regelmässigen Stufen begleitet, dass sie in ihrer geometrischen Strenge dem Auge störend sich aufdrängen. Leopold v. Buch und Bravais haben daraus auf eine ruckweise Emporhebung des Landes geschlossen, eine Ansicht, die von Keilhau und Kjerulf noch entschiedener vertreten wird. Sie ist auch so naheliegend und deckt sich so sehr mit den unmittelbaren Wahrnehmungen, dass man sich vielleicht dabei beruhigen könnte, wenn nicht die geheimnisvolle Hebung selbst, zu welcher man greifen muss, eine neue Schwierigkeit bildete. Mehr als ein halbes Jahrhundert hat diese Hypothese gleichwohl in allgemeinem Ansehen gestanden, doch wurden immer mehr Bedenken gegen sie laut, und 1885 beschrieb A. M Hansen Strandlinien, die im norwegischen Binnenlande bis zu 1090 *m* über dem heutigen Meeresspiegel liegen[1]) und schlechterdings der Einwirkung des Meeres nicht zugeschrieben werden können Suess stellte nun eine andere Hypothese auf[2]). Er zeigt im einzelnen, dass in den Fjorden des westlichen Norwegen die meisten Terrassen als Denkmale des zurückweichenden Eises und nicht als Ergebnisse von Schwankungen der Erdfeste zu betrachten sind. Durch eine sehr eingehende Untersuchung kommt jüngst F. M. Stapff zu dem Ergebnisse[3]), dass die skandinavischen Strandmale in höheren Horizonten Binnenseen zuzuschreiben sind, und zwar vorzugsweise durch Eis abgesperrten Binnenseen. Hebungen der Küstengebiete im Sinne der alten, auch von v. Buch vertretenen Anschauung giebt Suess nicht zu. „Die messbaren Veränderungen," sagt er, „beschränken sich, abgesehen von den wechselnden meteorischen Einflüssen, auf Landverlust durch Unterspülung, Landgewinn durch Anschwemmung, auf rhapsodisches, örtliches Absinken grösserer, mit Wald oder Gebäuden besetzter Schollen von Schwemmland, auf lokale

---

[1]) Nature **33.** p. 286. [2]) Antlitz der Erde **2.** p. 439.
[3]) Gaea 1890.

Digitized by Google

Schwankungen in der Nähe von Vulkanen, endlich, doch nur in seltenen Fällen, auf das Herantreten wahrer Dislokationen an den Meeresstrand, wie solches in der Cookstrasse in Neu-Seeland im Jahre 1856 vorgekommen ist.“ Überflutungen aber sind nicht abzuweisen, besonders in oder nach der Eiszeit. So hat Stapff in seiner oben erwähnten Untersuchung nachgewiesen, dass Skandinavien in der Nähe des Polarkreises zur Zeit der stärksten Vereisung auf norwegischer Seite etwa 220 *m*, auf schwedischer 170 *m* tiefer lag als jetzt oder, was dasselbe bedeuten würde, dass der Meeresspiegel damals um ebenso viel höher stand. Überflutungen haben zu allen Epochen der Vorzeit existiert, und Suess hat sich bemüht, die wechselnde Gestaltung von Land und Meer in den verschiedenen geologischen Zeiten zu zeichnen. Das allgemeine Ergebnis aber fasst er in die Worte zusammen: „Der Zusammenbruch der Oberfläche des Erdballes ist es, dem wir beiwohnen. Allerdings hat dieser schon vor sehr langer Zeit begonnen, und die Kurzlebigkeit des menschlichen Geschlechts lässt uns dabei guten Mutes bleiben. In Böhmen, in der Pfalz, in Pennsylvanien, an zahlreichen Orten, zieht der Pflug ruhig seine Furchen über die gewaltigsten Brüche.“ Weit entfernt, dass sich die Kontinente aus den Fluten des Ozeans hoben, ruckweise oder in langsamen Atemzügen, sind es vielmehr Einbrüche der Oberfläche, welche die Wasser gesammelt haben an einem Ort Daneben fanden auch seitliche Faltungen der Erdoberfläche statt, wodurch lange Gebirgszüge geschaffen und die Sedimente der Meere zu Hochgipfeln aufgetürmt wurden, wie solches in den Alpen jetzt klar vor Augen liegt. Allein die Wasserhöhe der Weltmeere haben diese Faltungen nicht wesentlich berührt, die Gestaltung und Ausdehnung der grossen Festländer nicht geschaffen. Diese sind die stehengebliebenen Schollen oder Horste zwischen grossen Senkungsgebieten, über denen die Wasser des Grossen Ozeans branden. So erklärt sich nach Suess der keilförmige, gegen Süd gerichtete Umriss von Afrika, Ostindien und Grönland aus dem Zusammentreffen von Senkungsfeldern, deren grössere Entwickelung gegen Süd liegt. Dem örtlichen begrenzten Einbruch eines Teiles der Erdrinde folgt aber natürlich eine allgemeine Senkung des Seespiegels auf der gesamten Oberfläche, und solche Senkungen sind in verschiedenen Zeiten und ungleichem Masse vor sich gegangen. Doch sie genügen nicht, um alle Erscheinungen zu deuten. Bewegungen des Meeres von ganz anderer Art sind nicht abzuweisen. Die Reihenfolge der Sedimente auf den bisher genauer erforschten Teilen der Festländer zeigt, dass grosse Strecken während sehr langer Zeiträume abwechselnd vom Meere bedeckt und wieder frei wurden. Die vollständigste Reihe uralter Meeresablagerungen zieht sich quer durch Europa und Asien, und wo heute Teile der Ostalpen sich erheben, dehnte sich einst ein Meer aus. Am Ende der silurischen Periode wich

Digitized by Google

das Meer zurück in Nordamerika, in England und Russland, um in der mittleren devonischen Zeit abermals vorzudringen; wiederholte Schwankungen zeigen sich in der Karbonzeit. Diese ganze Epoche der Erde war von unvorstellbar langer Dauer und ist die Zeit der ältesten Geschöpfe des Tier- und Pflanzenreichs. Zur mittleren Jurazeit ist ein grosser Teil Europas wiederum überflutet, doch abermals weicht der Strand zurück, bis während der Zeit der Kreideablagerungen das Meer von neuem ganz Mitteleuropa begräbt. In Südamerika bedeckte der Ozean alles Land bis zum Ostabhange der Kordilleren. Unzählige Jahrhunderte hindurch muss diese Herrschaft des Meeres angedauert haben, da wich die See wieder zurück, und es erschien trockenes Land in Europa. Diese Aufzählung zeigt, wie Suess nachdrücklich hervorhebt, dass die Lehre von den säkularen Schwankungen der Kontinente nicht geeignet ist, die wiederholten Überflutungen und Trockenlegungen des festen Landes zu erklären Die Veränderungen sind viel zu ausgedehnt und viel zu gleichförmig gewesen, als dass sie in Bewegungen der Erdfeste ihren Grund haben könnten. Es handelt sich um allgemein physische Umwälzungen, welche die ganze Oberfläche unseres Planeten beeinflussen. Hierin liegt auch, nach der sehr treffenden Bemerkung des Wiener Geologen, die Erklärung des merkwürdigen Umstandes, dass es möglich gewesen ist, die nämliche Terminologie zur Unterscheidung der Formationen auf der ganzen Erde in Anwendung zu bringen. Wie könnte dies durchführbar sein, wenn die Grenzen der Formationen nicht durch allgemeine Vorgänge bezeichnet wären! Aber diese Vorgänge selbst, wie soll man diese sich vorstellen, wie soll man sie deuten, da Hebungen und Senkungen des Festlandes durchaus verworfen werden müssen? Für jene Vorgänge findet Suess eine Erklärung nur in der Annahme ozeanischer Schwankungen, aber doch nicht im Sinne Adhémar's, der eine abwechselnde Anhäufung der Wasser an einem der Pole lehrte, sondern in der Voraussetzung einer alternierenden Hebung des Meeresspiegels, bald an den Polen, bald am Äquator. Uns will es scheinen, dass eine derartige Schwankung des Meeresspiegels doch nur angenommen werden dürfte, wenn die Beobachtungen mit genügender Gewalt dazu drängten, was man aber wohl kaum von den bisherigen und durch Prof. Suess interpretierten Wahrnehmungen behaupten kann. Handelt es sich um Schwankungen des Seespiegels, und sind diese einmal nicht abzuweisen, so scheint es uns sehr viel wahrscheinlicher, dass sich solche im Sinne Adhémar's abspielen, d. h. alternierend die eine und die andere Hemisphäre bedeckend, als bald an den Polen, bald am Äquator auftretend, wofür sich keinerlei generische Erklärung beibringen lässt, ja die jeder mechanischen Deutung Hohn sprechen. Man muss sich in dieser Beziehung wohl vorsehen, wenn nicht die neuere geologische Forschung, wie sie Prof. Suess kultiviert,

Digitized by Google

schnurstracks in die Fehler der früheren verfallen soll, die frischweg die Einsprüche aller anderen Wissenschaften in den Wind schlug. Richtig scheint uns indessen die Behauptung, dass die grossen Oszillationen sich nicht im Laufe der Zeiten summieren, sondern ausgleichen, und ferner die Annahme, dass die dauernde Trockenlegung des Kontinentes in der Hauptsache das Ergebnis von örtlichen Senkungen der Erdoberfläche ist, welche Fall für Fall einen Teil des Weltmeeres in die neugebildete Tiefe aufgenommen haben.

Bezüglich der Ursache der Verschiebung der Küstenlinien greift A. Blyth wiederum auf kosmische Vorgänge, speziell auf das Vorrücken der Nachtgleichen und die veränderliche Exzentrizität der Erdbahn zurück [1]), dann aber auch auf die Veränderung der Rotationsdauer der Erde. Dieser letztere Moment ist ein sehr beachtenswerter und bringt einen neuen Gesichtspunkt in die Frage. Er ist zuerst von dem ausgezeichneten Mathematiker G. H. Darwin berücksichtigt worden. Wäre die Erde flüssig, so müsste ihre Form der jeweiligen Axendrehung entsprechen, und mit Verlangsamung der letzteren müsste sich die Abplattung vermindern. Jeder Änderung der Zentrifugalkraft, welche durch eine Änderung der Rotationsdauer der Erde bedingt wird, muss sich die Oberflächenform des Meeres sogleich anpassen, während die feste Erdoberfläche nur langsam eine ähnliche Anpassung erhält. Solange letzteres nicht der Fall ist, muss bei verlangsamter Rotation das Meer in der Richtung gegen die Pole hin steigen, am Äquator dagegen sinken. Wenn aber endlich die Erdkruste den Spannungen genügend nachgiebt und sich der bestehenden Rotation anpasst, so muss in höheren Breiten eine Hebung, in niederen eine Senkung des Landes eintreten, beides wahrscheinlich ruckweise mit dazwischen liegenden Ruhepausen. Es lassen sich mit dieser Hypothese auch die grossen Meerestransgressionen erklären. „Das Meer“, sagt Blyth [2]), „steigt unter höheren Breiten so lange, bis zuletzt das feste Land den Kräften nachgiebt. Liegt nun die feste Erde durch Hunderttausende von Jahren unbeweglich, entfernt sich somit die feste Erde während der Verlängerung des siderischen Tages mehr und mehr von der der jeweiligen Tageslänge entsprechenden Form, so wird in höheren Breiten das Meer hundert bis zweihundert oder vielleicht noch mehr Meter steigen. Und bedenken wir, dass wir in höheren Breiten grosse und weitgehende Tiefländer besitzen, wie z. B. die Ebenen im nördlichen Asien und Mitteleuropa, so sehen wir leicht, dass in dieser Weise grosse Meerestransgressionen bewirkt werden können. Ramsay und v. Richthofen haben nun

---

[1]) Christiania Videnskabs Selskabs Vorhandlinger 1889. Nr. 1.
[2]) Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1890. p. 305.

Digitized by Google

gezeigt, wie bei diesen Transgressionen die Brandung die Küsten zerstörte, so dass grosse Abrasionsflächen gebildet wurden. Es zeigt dies, wie langsam und unmerklich die positiven Verschiebungen der Strandlinien stattfanden, und das stimmt sehr wohl mit der Annahme, dass es die Verzögerung der Axendrehung war, welche das Steigen des Meeres bewirkte. In diesen Transgressionsperioden häuften sich somit durch lange Zeiten die Spannungen an, die später durch grosse Hebungen der festen Erdkruste in höheren Breiten ausgelöst wurden. In diesen Transgressionszeiten wurden die vulkanischen Kräfte stärker und stärker. A. Geikie hebt hervor, dass es in der Geschichte der Erde Zeiträume gegeben hat, da der Vulkanismus viel heftiger wirkte als sonst. Die grossen Masseneruptionen, wodurch Tausende von Quadratmeilen mit Laven überschwemmt wurden, gehörten gewiss solchen Zeiten an, wo die Erde mehr als gewöhnlich gespannt war. So sehen wir, wie in der Miocänzeit an vielen Orten der Erde heftige vulkanische Eruptionen sich ereigneten. Und diese Eruptionen waren die Vorboten der grossen Verschiebungen, die bis in die Pliocänzeit stattfanden. Die nachfolgende negative Verschiebung, durch die Hebung des Landes bewirkt, war aber, wie Suess hervorhebt, von verhältnismässig kurzer Dauer, was auch sehr wohl mit unserer Erklärung stimmt.

In dieser Weise fanden also nach unserer Meinung die grossen Verschiebungen der Strandlinien statt, die uns in den Stand setzen, zwischen geologischen Cyklen zu entscheiden. Die Cyklen sind aber von Stufen gebildet. Jede Stufe (in unserem Sinne genommen) bezeichnet eine kleinere Oszillation der Strandlinie. Die Tertiärreihe ist, wenn man von den Schichten der grossen gefalteten Gebirgszüge absieht, von wechselnden Süsswasser- und marinen Seichtwasserbildungen aufgebaut. Tiefwasserbildungen kommen kaum vor oder sind jedenfalls selten. Ein Wechsel von Strandbildungen und Süsswasserbildungen, wie wir einen solchen in unserer tertiären Schichtenreihe sehen, setzt natürlich keine grossen Verschiebungen der Strandlinie voraus. Wo marine mit Süsswasserbildungen in mehrfachem Wechsel auftreten, wie das in der Tertiärformation häufig der Fall ist, wurden die Schichten in einem durch Dämme vom offenen Meere geschiedenen Becken abgesetzt. Waren die Bildungsräume nicht beckenförmig, und wurden die Schichten nicht an der Mündung grosser Flüsse abgesetzt, dann sind die marinen Schichten durch Lücken in der Reihe geschieden. Es ist nun einleuchtend, dass dort, wo ein Becken durch Dämme vom offenen Meere abgesperrt ist, wir nur eine unbedeutende Verschiebung der Strandlinie brauchen, um den Damm wechselweise zu überfluten oder trocken zu legen. Bei geringfügigen Strandlinienverschiebungen kann das Becken wechselweise mit Süss- und Salzwasser gefüllt werden Und solche Verschiebungen können somit, wenn das Becken tief ist, sogar den

Digitized by Google

Wechsel von mächtigen Süss- und Salzwasserbildungen aus tiefem Wasser bedingen.

E. Forbes zeigte, wie schnell sich in der Strandzone die Fauna mit der Tiefe des Wassers ändert. Geringfügige Tiefendifferenzen von wenigen Fuss reichen aus, um grosse Verschiedenheiten im Tierleben zu bedingen. Kleine unbedeutende Verschiebungen sind somit hinreichend, um einen Fossilienwechsel hervorzurufen. Auch sehen wir in der Tertiärformation nicht selten, dass nicht einmal das ganze Ästuarium von der Veränderung beeinflusst wurde. Während z. B. eine Stufe an einem Orte nur aus Süsswasserschichten aufgebaut ist, sind zuweilen in demselben Ästuarium, aber an anderen Orten, in der Mitte der Stufe marine Schichten eingeschaltet. Nach dieser Anschauung werden somit die Verschiebungen der Strandlinie durch Änderungen der Zentrifugalkraft bedingt".

Zur Erklärung der Schwankungen im Meeresstrande hat Penck auf die ungeheuren Eisbildungen hingewiesen, welche durch Massenanziehung eine Niveauveränderung benachbarter Meeresteile hervorrufen müssen. „Jedes periodische Zurückziehen der Vergletscherung", sagt er, „bedingt eine periodische Abnahme der Attraktion des Landes und damit ein periodisches Sinken des Meeres. Aber es ging die Vereisung nicht bloss stufenweise zurück, sondern auch mit lokalwechselnder Intensität, so dass das durch sie bedingte Sinken des Meeres sich nicht überall in gleichem Masse äusserte. In dem periodisch erfolgenden, lokal in seiner Intensität wechselnden Rückzuge der Vereisung liegt eine Quelle zu einem periodisch geschehenden, unregelmässigen Sinken des Meeres, welches wohl die angedeuteten Erscheinungen zu erklären vermag und die verschiedenen einzelnen Terrassen und Strandlinien samt deren so vielen Variationen unterworfenen Höhen zu begründen imstande ist". Diese Hypothese ist an sich durchaus nicht schlechter als viele andere, von denen die Geologen lange Aufhebens gemacht haben, allein das allgemeine Raisonnement Penck's ist dem mathematisch Geschulten nicht sympathisch und löst sich endlich vor der strengen mathematischen Untersuchung in Nichts auf. Eine solche strenge Prüfung haben E. von Drygalski und H. Hergesell unabhängig von einander geliefert. Drygalski kommt zu dem Ergebnisse, dass unter Annahme einer Mächtigkeit des skandinavischen Binneneises von 1000 *m* während des Maximums der Gletscherentfaltung auf der nördlichen Hemisphäre, lediglich unter der Wirkung der nordischen Inlandeismassen allerorts eine Senkung des Meeresspiegels stattgefunden hat, dass beim Rückzuge der Vereisungen lokale enggegrenzte Hebungen eingetreten sein können, dass diese aber in der Nähe des nordamerikanischen Eises den Betrag von etwa 12 *m*, in der Nähe des nordeuropäischen an der skandinavischen Küste den Betrag von 6 *m* kaum erreicht haben werden. Die thatsächlichen Elevationen lagen wahrscheinlich unter diesen

Digitized by Google

Beträgen und hatten somit verschwindende Grössen. Zusammenfassend seine speziellen Untersuchungen behauptet er: Die Differenzen in der Höhe des alten Meeresspiegels können nicht durch ungleich starke Attraktion des Inlandeises erklärt werden, weil eine viel zu grosse Mächtigkeit dazu erforderlich ist (Skandinavien, Grönland). Mächtigkeitsdifferenzen im Inlandeise reichen auch zur Erklärung so grosser Niveauunterschiede nicht aus, wie sie die Beobachtung kennen gelehrt". „Will man den hohen Meeresstand auf Bewegungen der Hydrosphäre zurückführen, so muss man eine partielle Verhüllung der Küsten durch Eis annehmen, weil sonst das Fehlen gleich hoher Meeresspuren in den benachbarten Gebieten ein Rätsel bleibt. Dann war der hohe Meeresstand auch nur möglich, wenn man ein Abschmelzen der heutigen antarktischen Eismassen bis zu einer Mächtigkeit von ca. 7000 *m* annehmen darf, wobei es eine offene Frage ist, ob die Eismassen am Südpol heute überhaupt eine derartige Mächtigkeit haben. Der hohe Meeresstand war ferner nur möglich, wenn man für die Inlandeismassen der nördlichen Hemisphäre eine ausserordentlich grosse Mächtigkeit (ca. 10000 *m*) zugestehen will, da es sonst unerklärt bleibt, warum sich der hohe Meeresstand auf die alten Gletscherbezirke beschränkt hat". „Der hohe Meeresstand muss bei einer möglichst grossen Entfaltung der Gletschermassen angenommen werden". „Da die erforderte Mächtigkeit alles, was Beobachtungen darüber gelehrt, um mehr als das Dreifache übertrifft; da ferner der hohe Meeresstand wenigstens in gewissen Gebieten (Christiania, mittleres Schweden, Schottland) in vorgeschrittenen Stadien des Gletscherrückzuges eingetreten ist, kann er durch Bewegungen der Hydrosphäre nicht ursächlich begründet werden. „Das Endresultat der ganzen Untersuchung ist, dass überhaupt Bewegungen der Hydrosphäre nicht im stande sind, die Thatsachen zu erklären. Ganz zu demselben Resultat kommt auch Hergesell in seiner wichtigen Arbeit. „Wir können", sagt er am Schlusse seiner mathematischen Entwickelungen, „diesen Erklärungsversuchen (Penck's) angesichts unser Formeln und Profile durchaus nicht zustimmen. Zuerst bedingt der Rückzug der Vereisung nicht ein Sinken des Meeres, sondern ein Steigen, das Sinken tritt erst spät ein, nachdem die Vereisung sich bedeutend zurückgezogen hat. Jedoch wollen wir hierauf nicht näher eingehen, da die Sache bereits erledigt ist, sondern zu dem Hauptpunkt, den lokalen Schwankungen, übergehen. Dass die lokalen Schwankungen, die hier erklärt werden sollen, bedeutende Beträge erreichen, geht aus den vorhin zitierten Stellen hervor. Auf den Orkneys, Faröern, Schottland sind gar keine Spuren höheren Meeresstandes, während in dem südlichen Schottland solche bis 200 *m* heraufreichen. Für Amerika führt Dana höhere Differenzen an, deren Werte noch viel bedeutender sind.

Die Karte, welche ein Bild von der Geoidfläche während

Digitized by Google

des Maximums der Vergletscherung geben soll, zeigt uns Wellen, deren Amplitude eine viel geringere ist, 12 *m* war das Maximum im Höhenunterschied von der Küste Grönlands zu der Skandinaviens, kaum 10 *m* erreichte derselbe Betrag vom Nordpunkt zum Südpunkt der skandinavischen Küste. Dieses sind Entfernungen, welche die Abstände, für welche die Höhenunterschiede durch Beobachtung konstatiert sind, bedeutend übertreffen. Die Wellen, welche unsere Geoidfläche zeigt, reichen auch nicht annähernd an die zu erklärenden Differenzen im Meeresstrande heran. Um dieses noch deutlicher zu machen, wollen wir näher auf die schon oft erwähnten schiefen Strandlinien im Altenfjorde eingehen. Nach dem französischen Physiker Bravais existieren in dem genannten Fjorde Strandlinien, die deutlich landeinwärts aufsteigen. Penck erklärt diese Thatsache durch die Form der Niveauflächen, die eben zur Eiszeit durch die Gravitation der Eismassen sich landeinwärts hoben. Penck selbst giebt folgende Zahlen: Die obere Strandlinie senkt sich von 68 *m* Höhe im Altenfjorde bis auf 28 *m*. Das macht auf 1000 *km* 40 *m*. Die untere dagegen von 67 *m* auf 41 *m*. Das macht auf 100 *km* 13 *m*. Wir sehen, das Gefäll ist bei beiden Linien ganz ungleichmässig, weshalb Penck die Beobachtungen bei der oberen Linie für falsch hält. Warum gerade diese Beobachtungen verworfen werden, ist nicht recht einzusehen. Halten wir uns jedoch nur an die Angaben, welche die untere Linie betreffen, dann haben wir für diese auf 100 *km* ein Gefäll, welches unsere Geoidfläche erst auf eine Entfernung von 230 deutschen Meilen zeigt. Am besten zeigt uns den Einfluss, welchen ein Fjord auf das Gefäll des Meeresspiegels haben muss, unser drittes Profil. Dieses ist durch den Raum zwischen beiden europäischen Eiscylindern gelegt, der ungefähr die Gestalt eines langen Meerbusens besitzt. Da haben wir auf eine Länge von 675 *km* ein Ansteigen von 7 *m*, also Zahlen, welche auch nicht annähernd an die beobachteten Höhenunterschiede von Bravais heranreichen. Eine andere Eisverteilung, die vielleicht unregelmässiger angelegt wäre, als die von uns angenommene, würde zwar eine Geoidfläche liefern, die noch welliger gebaut wäre, als die hier betrachtete. Jedoch die Amplitude der Wellen würde im Durchschnitt immer dieselbe bleiben. Solche intensive Schwankungen im Meeresspiegel können nur durch plötzliche Höhenschwankungen auf der Eisfläche erklärt werden, die bis zum Betrage von 1000 *m* heranreichen müssen. Wir glauben jedoch nicht, dass die Oberfläche des Inlandeises solche gewaltige Differenzen in den Höhen, zumal auf so kurzen Entfernungen gezeigt habe, seine Natur müsste denn eine ganz andere gewesen sein, als sie uns die Verhältnisse der Jetztzeit darbieten. Dazu kommt noch eins. Der höchste Stand des Meeres fand nach allen vorübergehenden nicht zur Zeit des Maximums der Vergletscherung, sondern erst bedeutend später

Digitized by Google

statt. Es musste sich dann durch das Schmelzen nicht nur die allgemeine Mächtigkeit der Eisdecke gemindert, sondern auch ihre lokalen Ungleichheiten vielfach ausgeglichen haben. Wir halten es demnach nicht für möglich, dass die Unregelmässigkeit der Verteilung und der Mächtigkeit der Eisdecke im stande ist, die Höhendifferenzen, welche bei den Spuren früherer Meeresniveaus zu Tage treten, zu erklären. So ist es denn auf Grund der vorgelegten Rechnungen und Untersuchungen unsere Überzeugung, dass die Gravitationstheorie — wenn wir mit diesem Namen die vielfachen Versuche zusammenfassen dürfen, welche durch Variationen in der Intensität der Schwerkraft die Schwankungen des Meeresspiegels erklären wollen — in keiner Weise im stande ist, den vorhandenen Thatsachen gerecht zu werden. Weder gelingt es ihr, überhaupt das durchschnittliche Ausmass dieser Schwankungen zu erklären, noch vermag sie die Hauptschwierigkeit, welche die früheren Erklärungsversuche hinfällig machte, die lokalen Differenzen in der Intensität der Schwankung, in einer einigermassen genügenden Weise aus dem Wege zu räumen. Wir halten daher auch diesen Erklärungsversuch der Meeresspiegelschwankungen für gescheitert. „Kein Zweifel kann nunmehr sein, dass Bewegungen der Hydrosphäre nicht ausreichen, um die oszillierenden Strandverschiebungen zu erklären. Die mathematische Prüfung hat uns vor der Herrschaft einer neuen geologischen Hypothese bewahrt, die zu schön war, als dass sie nicht sogleich viele Anhänger hätte finden sollen. Aber was nun? Soll der „Zusammenbruch des Erdballes“ von dem Suess spricht, genügen, um die Schwierigkeit zu beseitigen? „Warum fanden denn“, sagt E. v. Drygalski, „gerade und ausschliesslich in den alten Gletscherbezirken die Schwankungen statt? Wenn eine Senkung des Bodens in einzelnen Meeresräumen und ein Übergriff der Bewegung in die Festlandküsten, wie es Löwl gewollt, die scheinbare Erhebung der vereisten Küsten erklären soll, warum nehmen wir dann nicht auf der ganzen Erde so hohe Strandlinien wahr, da die Bewegung des Wasserspiegels sich doch über die ganze Erde verbreiten musste? Wir können doch unmöglich annehmen, dass alle anderen Erdräume die Bewegung des Meeresbodens mitgemacht haben, und nur die alten Gletscherbezirke zum Teil ausgeschlossen waren. Auch denke man an den Betrag der Senkung des Meeresbodens, der weit erheblicher sein müsste, als die grösste Höhe, die wir in alten Uferlinien erkannten, weil die Bewegung sich über alle Meeresräume verbreitete. Der sinkende Boden musste sich gegen die Festlandsmassive stauen, eine Erhebung der Küsten wäre die Folge, die den Einfluss der Wassersenkung unterstützt. Auch aus diesem Grunde müssten alle Küsten steigen, wenn man nicht wieder den sinkenden Meeresboden gerade zwischen die vereisten Areale verlegen will. So werden wir vor eine Menge von Rätseln

Digitized by Google

geführt, die alle nach dem einen Punkt hin konvergieren, warum die Bodenbewegung auf die alten Gletscherbezirke beschränkt blieb. „Eine jede Theorie wird hier unbefriedigend bleiben, die eine ursächliche Beziehung zum Eise nicht herzustellen vermag. Eine von Drygalski aufgestellte Hypothese erscheint uns aber als keine glückliche Bereicherung. „Eine mächtige Decke von Inlandeis“, sagt er, „muss unzweifelhaft ein erhebliches Ansteigen der Geo-Isothermen unter den vereisten Arealen zur Folge haben, teils weil der Druck der Eismassen selbst Wärme erzeugt. Eine Volumvermehrung der Erdrinde unter dem Inlandeis und eine Erhöhung der Plastizität bestimmter Erdlagen würde dadurch bedingt. Solange nun das Inlandeis noch da war, wirkte der Volumvermehrung, die eine Hebung des Landes bezweckte, das Gewicht des Eises entgegen. Sein Streben, die Erdrinde herabzudrücken, wurde erleichtert durch die gesteigerte Plastizität, das Gewicht des Eises siegte über die Kraft der Volumvermehrung, der Boden senkte sich, ein Übergreifen des Meeres fand statt. Dann folgte der Rückzug des Eises — vielleicht infolge der gesteigerten Durchwärmung des Untergrundes, die das Abschmelzen begünstigen musste —, ein sofortiges Zurückfallen der Geo-Isothermen ist nicht wahrscheinlich, so hörte zuerst am Rande der Kampf zwischen dem Druck des Eises und der Volumvermehrung des Bodens auf, das letzte Agens blieb allein in Kraft und erhob den Boden zu oder über seinen ursprünglichen Stand. Damit kamen die Strandlinien und Terrassen in die so wechselnd hohe Lage“.

Die berühmten Strandlinien im Lochaber Distrikte in den schottischen Hochlanden sind von Dr. Sandler eingehend geschildert worden [1]). Man erblickt sie schon aus der Ferne in Gestalt eines wagerechten Strichs, der durch hellere Färbung aus dem Grün des Vordergrundes hervorsticht und selbst aus dem Nebelgrau der Ferne deutlich herausschimmert. „Obgleich“, sagt Sandler, „diese Linie, von unten gesehen mit aufdringlicher Deutlichkeit erscheint, ist es doch leicht möglich, beim direkten Aufwärtssteigen über sie hinüberzuschreiten, ohne sie inne zu werden, weil zahlreiche uferlose Wasserfäden, Flecken hochgewachsenen Haidekrautes, nasses Moos, Felsbrocken, Wasserpfützen, Gras und Farnkraut die nächste Umgebung zu mannigfaltig machen. Von einem höher gelegenen Standorte aus erblickt man dann an Stelle der gesuchten Linie ein schmales, horizontales Band, welches einem überwachsenen Wege („road“) gleichsieht. Unbeirrt auf irgend einen auffallenden Punkt desselben zugehend, verfehlt man ihn nicht zum zweiten Male und erkennt, nachdem man einmal sicher weiss, dass man auf ihm steht, sofort eine sehr charakteristische Eigenschaft von ihm, welche für weiterhin fast alle Zweifel über die Lage des „Weges“, wo er überhaupt

[1]) Mitteil. d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1888. p. 195 u. ff

Digitized by Google

vorhanden ist, ausschliesst; der Böschungswinkel des Gehänges auf 2 — 3 *m* von der äusseren Kante des „Weges" abwärts ist nämlich weit grösser als der allgemeine (durchschnittliche) Böschungswinkel des Bergabhanges und auch grösser als der des Gehänges unmittelbar über der inneren Kante."

Am östlichen Thalgehänge erblickt man sogar drei Striche, völlig einander parallel, sofort in die Augen fallend, die sich mit dem Roy-Thal nordwärts hinziehen. Genaue Messungen haben ergeben, dass die Linien nicht völlig horizontal sind, sondern schwach gewellt, die oberste liegt in 352, die mittlere in 328, die untere in 263 *m* Seehöhe. Dass es sich um Strandlinien handelt, kann keinen Augenblick zweifelhaft sein, allein der Hypothese mariner Strandlinien steht der Umstand entgegen, dass die Linien fern vom Meere endigen ohne Spur einer Fortsetzung nach der See. Sandler ist der Meinung, dass die Gewässer des Roy-Thales einstmals durch einen Eisdamm zu einem See aufgestaut waren, und entscheidet sich also hier für die sogenannte lacustrine Strandlinientheorie im Sinne von Agassiz. Die Parallelwege können nur nach dem Höhepunkt der schottischen Eiszeit entstanden sein, und gewisse Querwälle zwischen ihren Endpunkten bezeichnen Unterbrechungen im Wegschmelzen einer nach dem Ben Nevis sich zurückziehenden Eismasse.

Eine interessante, auf eigenen Beobachtungen beruhende Studie über Strandlinien und Terrassen (Norwegens) hat Chr. Sandler veröffentlicht [1]), in welcher er bezüglich der Entstehung dieser Bildungen zu den Anschauungen von Suess neigt.

An der istrischen Küste zwischen Grapo und Pola hat V. Hilber sorgfältige Untersuchungen über die Bewegungen der Strandlinien ausgeführt [2]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass Änderungen der Strandlinien durch säkulare Veränderung derselben auf jenem Gebiete nur belanglos sein könnten. Weit rascher geht die Zerstörung der Küsten durch Brandungswellen vor sich oder die Verlandung von Meeresteilen durch Zufuhr festen Materials vom Lande her. Das nicht zu leugnende Versinken der römischen Hafenbauten rührt von der Zerstörung der Küstenteile durch das Meer her. Dieser Ansicht bereiten freilich grosse Schwierigkeiten die Ablagerungen rezenter Meereskonchylien, Strandgerölle und Ziegelstücke über dem heutigen Seeniveau im Val Orvina bei Pola und im Val Fontane bei Medolino. Diese Ablagerungen können vom Meere nicht etwa ausgeworfen sein, und sie deuten auf eine ungleichmässige Veränderung der Strandlinien, also auf Vorgänge, welche der Suess'schen Anschauung, die auch von Hilber vertreten wird, nicht entsprechen. Bezüglich Venedigs hat S. Fischer wahrscheinlich gemacht, dass der Boden dieser Stadt

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1890 Heft 9 u. 10.
[2]) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 98. Abteil. I. p. 278. 1889.

Digitized by Google

langsam gesunken ist, ja dass der ganze Charakter dieses einst so berühmten Handelsemporiums durch dieses säkulare Sinken erst geschaffen worden [1]). Der älteste Bericht über das Veneter Gebiet ist derjenige des Cassiodorus, welcher um 520 Kanzler Theodorichs d. Gr. war. Er schreibt von jenem Gebiete, dass daselbst Flut und Ebbe abwechselnd die Felder überschwemmten und wieder trocken liessen, und dass die Häuser den Nestern der Wasservögel glichen. Damals aber gab es noch kein Venedig, sondern nur einen Ort Rivoalto, welcher 421 als Hafen- und Zufluchtsstätte von Padua gegründet worden war. Die Schilderung des Cassiodorus bezieht sich offenbar auf das dortige Seeland im allgemeinen und schliesst nicht aus, dass es daselbst Festlandflecken gab, welche nicht von der Flut überströmt wurden. Dies beweist schon der Umstand, dass es in jenem Litorale mehrere Sitze von Suffragan-Bischöfen gab. Der Boden Venedigs gehört nach Fischer zweifellos einem Deltaland an, das anscheinend einst noch über den heutigen Dünenverlauf hinausreichte. Wenigstens wurde in historischer Zeit bei Malamocco ein Teil des Festlandes vom Meere verschlungen, woran noch der Name eines Forts erinnert. Die Auffindung eines uralten Abzugskanals zwischem dem Platze St. Maria Formosa und der Rialtobrücke, dessen innerer Gewölbescheitel mehr als ein Fuss unter dem gewöhnlichen Flutspiegel liegt, beweist, dass der Boden dort einstmals höher liegen musste, und Fischer kommt zu dem Ergebnisse, dass derselbe ursprünglich 9—10 Fuss über dem mittleren Meeresspiegel gelegen habe. Es findet sich also auch hier die Thatsache einer langsamen, durch viele Jahrhunderte fortdauernden Senkung bestätigt, welche man von Padua, Adria, Ferrara, Ravenna auch kennt. Ravenna war zur römischen Kaiserzeit ungefähr beim Zustande des heutigen Venedig angelangt, da sich aber das Meer von ihm entfernte, und es seinen Charakter als Seestadt verlor, so musste es sein Planum um 3 *m* heben, Padua hat sogar seinen Boden über jenen in der Römerzeit um 5 bis 7 *m* erhöhen müssen. Anders Venedig. „Teils“, sagt Fischer, „lenkten sich zufällig die grösseren benachbarten Flüsse von dieser Stadt ab, teils hielt sie die eiserne Ausdauer der thatkräftigen Bewohner fern; so blieb es trotz der beiderseitigen Flankierung durch jüngeres Neuland. Als solcher genügte der Stadt ein geringes Überragen ihres Bodens über das Meer. Sie konnte daher unbeschadet ihrer Sicherheit und unbeschadet der Interessen ihrer Bewohner durch längere Zeit ruhig einem Sinken ihres Bodens zusehen. Dieses ruhige Zuwarten fand erst seine Grenze, als der Schutz vor Überflutung durch das Meer zu fehlen anfing. Von dieser Zeit ab musste freilich auch Venedig das Mass des Sinkens ausgleichen, und daher rühren die mehrfachen Pflaster

[1]) Mitteil. d. Geogr. Ges. zu Wien 1890. p. 377.

Digitized by Google

übereinander auf Strassen und Plätzen." Fischer macht darauf aufmerksam, dass der Kanal Grande wahrscheinlich den ungefähren Lauf des Flusses darstelle, welcher den grössten Teil des Venetianer Bodens aufgeschüttet hat. Darauf deute sein schlangenförmiger Zug, den man künstlich gewiss nicht angelegt haben würde. Seinen Flanken entlang strichen also die natürlichen Uferleisten. Wahrscheinlich sei auch die ursprüngliche Stadt auf das höhere Terrain längs einem Teile des Kanals beschränkt und von keinem oder nur sehr wenigen Kanälen durchschnitten gewesen. „Erst als die Stadt sich erweiterte, und doch kein hoher Boden mehr vorhanden war, als die alte Stadt so weit gesunken war, dass man an eine Ausfüllung ihrer Strassen und Plätze denken musste, und doch keine Erde dafür zur Verfügung hatte, erst dann mochte man daran gehen, die verschiedenen kleineren Kanäle auszuheben, und dies um so leichter und lieber, als das Schiff der Bewohner Boden, und das Meer ihr Element war, auf dem sie sich heimisch fühlten. Dass, wenn nicht alle, so doch mit ganz geringen Ausnahmen alle kleinen Kanäle rein willkürlicher künstlicher Aushebung ihr Entstehen verdanken, zeigt deutlich ein Blick auf ihren Verlauf. Von einer Anzahl derselben ist auch die Herstellungszeit bekannt." Gleichzeitig mit dem Stadtboden sank natürlich auch der ursprüngliche, das Deltaland mit dem Festland verbindende Landstreifen. Hierdurch, vielleicht auch durch teilweise Abtragung verschwand derselbe vollständig bis auf Reste mit Ansiedelungen, und Venedig wurde zur vollkommenen Inselstadt, wie wir sie heute sehen. Das ist nach Fischer die physische Geschichte der Entstehung der Lagunenstadt, der Ansiedelung seekühner Menschen auf sinkendem Erdboden. Und merkwürdig genug, während der Hauptfluss der unteritalischen Ebene, der Po, sein Bett immer mehr erhöhte, so dass er nur noch künstlich als Strom zwischen Dämmen, hoch über der umgebenden Niederung, zusammengehalten wird, versinken die Küstengestade seit Jahrtausenden langsam, aber unaufhaltsam in den Fluten des Ardiatischen Meeres.

V. Hilber giebt [1]) bezüglich der Ursachen, welche Änderungen im Niveaustande des Meeres hervorrufen können, folgende tabellarische Übersicht:

A. Vertikale Ursachen.

a) Terrestrische Ursachen.

α) Niveauänderungen der Erdfesten: 1) säkulare Hebungen und Senkungen. 2) Gebirgsbildung. 3) Verwerfungen. 4) Zusammensitzen und Abrutschen.

β) Niveauänderungen des Meeres: I. Attraktion. 1) Niveauänderung der Festen. 2) Eisanhäufung und Entfernung. 3) Vul-

[1]) Zeitschr. für wissenschaftl. Geogr. 6. p. 201. 7. p. 286.

Digitized by Google

kanische Bildungen. 4) Sedimentierung und Erosion auf dem Meeresgrunde. II. Wassermenge: 1) Eindringen des Wassers ins Erdinnere. 2) Änderung der auf dem Festlande und in der Luft kreisenden Wassermenge. 3) Wasserzufuhr und Verdunstung. III Wasserdichte IV. Luftdruck. V. Rauminhalt der Meeresbecken: 1) Flächenänderung. 2) Tiefeänderung.

b) Kosmische Ursachen.

1) Änderung der Erdaxenlage. 2) Änderung der Dauer der Erdrotation. 3) Flutbewegung.

B. Horizontale Verschiebungen.

1) Hebung und Senkung des Uferstriches über und unter das Meeresniveau. 2) Verlandung und Erosion des Ufers

Diese einzelnen Faktoren sind in ihrer Bedeutung für die Niveauänderung des Ozeans sehr verschieden, und im einzelnen lässt sich darüber wohl kaum etwas Sicheres bestimmen. Am beträchtlichsten dürften, falls sie überhaupt aktiv vorkommen, säkulare Hebungen und Senkungen und Gebirgsbildung sein, dann die Veränderungen der Wassermenge und des Rauminhalts der Meeresbecken, endlich die kosmischen Ursachen. Es ist schwer, in dieser dunklen Sache ein bestimmtes Urteil abzugeben, allein es scheint, dass die kosmischen Ursachen eine weit grössere Rolle spielen dürften, als man bisher zuzugeben geneigt war.

Korallenriffe Diese Bildungen, der Schrecken des Seefahrers, sind für den Erdkundigen von höchster Wichtigkeit, und die Vorstellungen von der Art und Weise ihrer Entstehungen knüpfen sich an den berühmten Namen Darwin an.

„Das Interesse an der Untersuchung des Baues der Korallenriffe“, sagt Kapitän Hoffmann sehr schön[1]), „muss in erhöhtem Masse wachgerufen werden, wenn man von Osten kommend die Felsenküsten der Südspitze Amerikas noch in der Erinnerung hat und nun nach 30- bis 40-tägiger Seereise vor sich die Atolle der Paumotus auftauchen sieht. Schmale, weiss gebleichte Korallendämme schlängeln sich wurmförmig viele Meilen weit hin, nur stellenweise von spärlicher Vegetation, zuweilen von einigen hohen Kokospalmen bestanden. Die Brandung läuft schäumend an diesen Dämmen auf, jenseits breitet sich ein ruhiges Wasser aus, am äussersten Horizont taucht dahinter der begrenzende Damm der anderen Seite auf. So zeigt sich uns Waterland, Fliegeninsel u. a., an denen man bei stillem Wetter langsam dahinsegelt, sie rufen zuerst einen Eindruck höchster Fremdartigkeit, dann aber grenzenloser Öde hervor. Eine alte Erinne-

[1]) Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin. 9. p. 229.

Digitized by Google

rung an das, was man früher von Koralleninseln gehört hat, erkennt man in dem kreisrunden Atoll Mataiwa (Lazareff), eine stille hellgrüne Lagune, umgeben von einem dichten Kranz grüner Vegetation, darum ein weisser Reif schäumender Brandung, alles im seltsamen Kontrast zu dem tiefblauen Ozean."

Man unterscheidet bei diesen Riffen drei Klassen: Saumriffe, welche sich den Küsten unmittelbar anschliessen und kaum oder nicht über den Meeresspiegel emporragen, Barrièreriffe, die dem Küstenlaufe folgen, aber vom Lande durch einen mehr oder weniger breiten Kanal getrennt sind, und endlich Lagunenriffe oder Atolle, die als schmale, ringförmige Wälle erscheinen, welche ein seichtes Wasserbecken umgeben, das bisweilen mit dem Meere in Verbindung steht. Bezüglich der Saumriffe ist unmittelbar einleuchtend, dass sie entstehen, indem die Korallen nur in mässigen Tiefen leben können und an sanft abfallendem Strande gut gedeihen. Wo das Meer sehr seicht ist, können diese Riffe ihren umsäumenden Charakter verlieren und erscheinen dann als unregelmässig zerstreute Riffe von bisweilen grosser Ausdehnung. Bezüglich der Atolle erachtete Darwin als wahrscheinlich, dass sie die Lage versunkener Inseln bezeichnen, um welche die Korallen ursprüglich Saumriffe bauten, welche in dem Masse, als die Inseln sanken, und da die Korallen an der äusseren, vom Meer bespülten Seite am besten gedeihen, zuerst zu Barrièreriffen und endlich zu Atollen wurden. Ist die Senkung rascher, als die Korallen wachsen können, so müssen diese zuletzt absterben, das Riff ersäuft, und es entsteht eine atollförmige Bank von totem Gestein, die bei fortschreitendem Sinken durch Anhäufung von Schutt endlich eine nahezu horizontale Oberfläche erhält. Das ist in kurzen Zügen die berühmte Darwin'sche Theorie der Korallenriffbildung, die geraume Zeit hindurch als unzweifelhaft richtig allgemein angenommen, dann von Murray lebhaft angegriffen wurde. Letzterer hat eine andere Hypothese aufgestellt, die im wesentlichen folgendermassen lautet[1]: Im seichten Wasser leben zahlreiche Tiere, besonders Foraminiferen mit Kalkschalen. Nach dem Tode dieser Tiere sinken ihre Schalen hinab zum Grunde des Meeres. An seichten Stellen, wo der Kohlensäuregehalt ein geringer ist, häufen sich diese Schalen an und bilden ein kalkiges Sediment von stetig wachsender Mächtigkeit. An tiefen Stellen aber werden diese Kalkschalen wegen des hohen Kohlensäuregehaltes des Wassers rascher aufgelöst, als sie sich anhäufen können: hier in den Tiefen bildet sich daher kein Kalksediment. Der Meeresgrund ist nicht eine regelmässige Kugelfläche, sondern er ist undulierend, und es ragen vielerorts Erhebungen aus der abyssalen Tiefe empor. Viele dieser

[1]) Lendenfeld in der Gaea 1890. p. 198.

Digitized by Google

Erhöhungen des Meeresbodens reichen in das Niveau der Kalksedimentbildung hinauf, und auf ihrem Scheitel lagert sich daher eine stetig wachsende Lage von Kalksediment ab, während in den umgebenden Tiefen nur die Kieselschalen und Staub akkumulieren. Diese werden daher unvergleichlich langsamer angeschüttet. Die Folge hiervon ist, dass die bestehenden Erhöhungen fortwährend wachsen, und zwar um so rascher, je näher sie an die kohlensäurearme Oberfläche des Meeres herankommen. Endlich erreichen sie die 50-Meterlinie. Korallen siedeln sich nun auf dem Scheitel der Sedimentkuppe an, und diese wachsen in die Höhe, fussend auf den abgestorbenen Skeletten ihrer Ahnen. Die äussersten Korallen enthalten die meiste Nahrung — denn an sie prallt das nahrungbringende Wasser zuerst an — und wachsen deshalb rascher wie die Korallen im Innern. Sie erreichen — die Korallen am Rande nämlich — endlich das Meeresniveau, Stürme türmen Korallentrümmer über der Flutgrenze auf dem kraterwallartig erhöhten Riffrand auf, und das Atoll ist fertig."

In der von Bonney herausgegebenen neuen Auflage des Darwin'schen Werkes über die Korallenriffe [1]) werden die Einwendungen von Murray lebhaft bekämpft und vielfache neuere Beobachtungen angeführt, welche für Darwin's Theorie sprechen. Am wichtigsten ist wohl das Zeugnis von Dana. Dieser berühmte Geologe betont nachdrücklich, dass Murray's Theorie jeglicher Grundlage entbehre und mit offenbaren Thatsachen in Widerspruch stehe. Den Ausführungen Bonney's, welcher die Argumente gegen die Darwin'sche Senkungstheorie eingehend widerlegt, fügt R. v. Lendenfeld noch mehrere wichtige Bemerkungen hinzu [2]). Er erwähnt dabei, dass die Gegner der Darwin'schen Theorie den Einwurf machten, dass nach derselben fossile Korallenriffe existieren müssten, was aber nicht der Fall sei, dass aber dieser Einwurf nur auf völliger Unkenntnis der Thatsachen beruhe, indem nach den Untersuchungen von Richthofen, Mojsisovics und anderen ein beträchtlicher Teil der Kalkalpen von Südtyrol, Kärnten und Steiermark nichts anderes als alte Korallenriffe sind, die nicht nur allen Anforderungen der Darwin'schen Senkungstheorie entsprechen, sondern deren Richtigkeit direkt beweisen.

An den Korallenriffen der Java-See und überhaupt im westlichen Teile des indischen Archipels hat C. Ph. Sluiter Untersuchungen angestellt [3]). Dort findet man an verschiedenen Stellen Korallenriffe in allen Stadien der Entwickelung mit Ausnahme der Atolle. Sluiter weist nach, dass sich fern vom Strande, auf

---

[1]) Darwin, the Structure and Distribution of Coralreefs III. Edition with an Appendix by Prof. T. S. Bonney. London 1889.

[2]) Naturw. Rundschau 1889. Nr. 51.

[3]) Naturkundige Tijdschrift voor Nederlandsch Judiï 1889. **49.** p. 360.

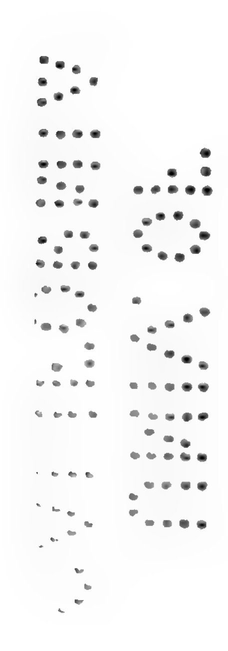
Digitized by Google

Tafel IV

Die Lochaber-Strandlinien in Schottland.

UNIV. OF CALIFORNIA

Digitized by Google



reinem Schlammboden Anfänge von Riffen dadurch bilden können, dass junge Korallen sich auf zufällig dort hin gelangten Bimssteinstücken und selbst Muschelschalen ansiedeln. In dem Masse als die Korallen wachsen, versinkt die Unterlage im Schlamm und schafft dadurch im Laufe der Jahre eine feste Fundierung. In der Java-See bauen sich die Riffe gleich anfangs auf weiten Flächen auf, die gleichmässig bis nahe zum Meeresspiegel wachsen. Erst wenn dieser nahezu erreicht ist, beginnt der mittlere Teil des Riffs an abzusterben, und es häufen sich dort Sand und Trümmer auf, es entstehen Barrièreriffe, sehr selten aber Atolle Diese Ergebnisse sprechen im ganzen nicht gegen die Darwin'sche Theorie, aber sie machen es wünschenswert, dass genaue und systematische Beobachtungen über die Thätigkeit der Korallen angestellt werden. Darauf weisen auch die Wahrnehmungen, welche Sluiter bei der Insel Krakatau machte. Er fand dort im November 1888 auf den abgestürzten Basaltgesteinen einen Saum von Korallen, der bereits 1 *m* breit war, aber höchstens ein Alter von 5 Jahren haben konnte. Bei einem zweiten Besuch im Juni 1889 war dieses junge Riff aber bereits teilweise wieder zerstört, indem von einer senkrechten Basaltwand Steine herabgestürzt waren und dasselbe bedeckt hatte. Dazu ergaben die Züge mit dem Schleppnetz, dass alle grösseren Bimssteinstücke bereits reichlich mit Korallen bewachsen waren.

Guppy hat die Riffe der Salomons-Inseln untersucht [1]) und durch mehr als 300 Lotungen den Abfall derselben gegen den Ozean genau ermittelt. Diesen Lotungen gemäss, findet sich zunächst bis zu 4 oder 5 Fuss Tiefe ein sanfter Abfall, dem ein steiler Absturz bis zu 20 oder 30 Faden Tiefe folgt. Hierauf trifft man wiederum auf einen sanften Abfall (von 16—20°) oder auf eine flache Bank, und dieser folgt der Übergang zu den grossen Tiefen des Ozeans. Lebende Korallen fand Guppy nur an den oberen steilen Abstürzen, an deren Füssen die See groben und feinen Sand aufhäuft, welcher hier das Gedeihen der Korallen verhindert. Nur in einem Falle, beim Choiseul-Riffe, traf er jenseits des Sandgürtels abermals auf lebende Korallen. Hieraus schliesst Guppy, dass, wenn der Absturz tiefer hinabreicht, als die untere Wachstumsgrenze der Korallen, also über 30 Faden, sich nur ein Küstenriff bilden kann, während dann, wenn dem Absturz eine flache, sandfreie Bank folgt, sich dort wiederum Korallen ansiedeln, und ein Dammriff entsteht. Auch Teile, die für die Korallenansiedelung zu tief liegen, können, sobald Hebung sie in die günstige Zone bringt, besiedelt werden. Hiernach wäre es unmöglich, dass der Kanal zwischen einem Aussen- und Innenriffe tiefer als 20—30 Faden sein könnte, entsprechend

---

[1]) Proc. Roy. Soc. of Edinbourgh 1885—86, Guppy, Salmon-Islands 1887, im Auszuge in Potonié's Wochenschrift 1889. Nr. 18.

der unteren Wachstumsgrenze der Korallen. Thatsächlich findet bisweilen das Gegenteil statt. Indessen macht Guppy darauf aufmerksam, dass die untere Grenze für das Gedeihen der Korallen je nach den Umständen auch erheblich tiefer, selbst bis zu 50 Faden anzusetzen sei. Mehrere Riffe des untersuchten Gebietes umgeben offenbar unterseeische, vulkanische Erhebungen, deren Gestein hier und da zu Tage tritt, ähnlich wie Murray angenommen hat. Auch kommt er auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnisse, dass die Mächtigkeit eines gehobenen Riffes niemals grösser ist, als die Tiefe, in welcher Korallen noch gedeihen. Im allgemeinen spricht Guppy die Überzeugung aus, dass Atolle und Dammriffe keineswegs die Ergebnisse von Senkung sind, und dass das ganze Gebiet der Südsee, woselbst die Riffe vorkommen, statt einer Senkung vielmehr eine Hebung erfahren haben.

Guppy hat auch die Keeling- oder Kokosinseln besucht, die einst Darwin vorzugsweise Anregung zu seiner berühmten Theorie von der Entstehung der Atolle gaben. Guppy macht darauf aufmerksam [1]), dass die gewöhnliche Beschreibung eines Atolls eine sehr irreführende Vorstellung über die wahre Natur eines solchen erwecken muss. Ein Querschnitt durch ein etwa 6 Seemeilen im Durchmesser haltendes Atoll der Keeling-Inseln, dessen Lagune 9—10 Faden Tiefe hat, würde im Massstabe 1 Zoll auf 1 Seemeile von der 1000 Faden-Linie an gezeichnet eine flachgipflige Erhebung darstellen, bei der die Lagune des Atolls durch eine Depression im Bereiche der höchsten Erhebung mittels einer fast unmerklichen Einsenkung von nur ca. $^{1}/_{100}$ Zoll ausgedrückt sein würde. In einem so unbedeutenden Verhältnis steht die Einsenkung in einem Atoll zu der Breitenausdehnung desselben, dass die Gestalt einer solchen in Wirklichkeit eine fast ebene, nur ganz flach muldenförmige ist. Guppy hat die Vorgänge bei der Entstehung hufeisen- oder halbmondförmiger Atolle eingehend studieren können. In erster Linie wirkt hierbei die Meeresströmung mit, welche den durch die Wellen an der Aussenseite des Riffs unaufhörlich gebildeten Sand in der Richtung der Strömung an beiden Seiten der Insel vorbeiführen und hinter ihr in zwei seitlichen Bänken wieder ablagern wird, gerade so, wie sich hinter einem Stock, den man in den Sand eines Flusses steckt, ein V-förmiger Sandrücken bilden wird. Die lebhafte östliche Strömung, welche während 11 Monaten des Jahres durch den Südostpassat erzeugt wird, zieht mit 0.5—2 Knoten Geschwindigkeit an dem Archipel vorbei, durch letzteren in einen nördlichen und südlichen Arm geteilt, die sich an der nordwestlichsten Insel wieder vereinigen und einen grossen Wirbel dar-

[1]) Nature 1889. p. 236. Verhandlgn. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1889. p. 70.

stellen. Diese Strömung führt eine grosse Menge Sand in die Lagune ein, die Guppy auf ca. 10 Tons pro Tag schätzt, und welcher als die Hauptursache der allmählichen Umgestaltung anzusehen ist. Wenn, wie bei den Maladiven, im Jahre zwei verschiedene Hauptwindrichtungen herrschen, wird dieser Umstand die Bildung ringförmiger Atolle begünstigen, während das Vorwalten einer Windrichtung bei den Keeling-Inseln hufeisenförmige Inselbildung fördert. Auf einen anderen wichtigen Faktor bei der Inselbildung durch Korallen wurde Guppy durch die Beobachtung geführt, dass sich ausserhalb der Linie des eigentlichen Riffs noch Reihen von unter Wasser befindlichen, durch sandige Stellen von einander getrennten, lebenden Korallenbauten befinden, die 4—30 Faden Wasser über sich haben, und welche wesentlich zum Wachstum der Insel beitragen. Sobald solche Korallenkolonien den Meeresspiegel erreicht haben, wird sich aus ihnen ein Barrièreriff bilden, dessen Lagune durch Sand und Korallenreste allmählich ausgefüllt wird. So geht das Wachstum der Inseln sprungweise vor sich, namentlich dort, wo der Meeresboden sehr allmählich zu grösseren Tiefen abfällt, und wo Sand und die Gegenwart von viel Sedimentstoffen im Meereswasser das Wachstum der Korallen an der Seeseite des eigentlichen Riffs hindern. Hier wird dann in weiter Entfernung von demselben in reinem und tieferem Wasser neue Korallenbildung vor sich gehen.

Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel sind von J. Walther untersucht worden[1]), und diese Untersuchungen sind von besonderer Wichtigkeit, weil sie, ausgehend von den Orten heutigen Korallenlebens, landeinwärts schreiten zu den toten Riffbauten der Vergangenheit. An den Küsten der Sinaihalbinsel bildet das lebende Riff einen nur wenige Meter breiten Saum, der dem Umriss der Küste sich anschmiegt oder als Klippe und pelagisches Riff im Meere aufragt. Ausserhalb der See findet man ein 10 *m* hohes, jüngeres fossiles Riff, und endlich reichen an mehreren Orten Kalke oder Dolomite mit zahlreichen Korallenpetrefakten bis zu 90 und selbst 230 *m* empor. Sie können als älteres fossiles Riff bezeichnet werden. Die pelagischen Riffe des Suez-Busens treten in der Verlängerung untertauchender Bergrücken auf und besitzen ein diesen paralleles Streichen. Der schmale Riffzug kann sich bald verbreitern, bald Äste abgeben, bald sich in einzelne isolierte Riffe auflösen, und eine Anzahl solch kleinerer, vereinzelter Riffe zeigt deutlich die Form von ringförmigen Atollen. Es können also im linearen Baue längsgestreckter Riffe durch seitliche Abzweigung ringförmige Riffatolle entstehen bei einer negativen Strandverschiebung (Hebung des Bodens), während nach Darwin positive Strandverschiebung eine wesentliche Vorbedingung der Atoll-

[1]) Abhandlungen der math.-phys. Klasse der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. 14. Nr. 10.

Digitized by Google

bildung sein soll. „Zugleich lässt sich hier kein ursächlicher Zusammenhang zwischen der runden Form des Atolls und dem Relief des Untergrundes nachweisen. Es scheint daher, dass die Atollbildung hier nicht durch „Senkung“ beeinflusst wird und vielmehr von anderen, biologischen Faktoren abhängig ist. In dem Masse, als man sich von der Riffkante aus dem Ufer nähert, sterben die Korallen mehr und mehr ab, das formenreiche Tierleben tritt Schritt für Schritt zurück. Die weissen Detritusflecke werden immer grösser, die Korallenstöcke immer kleiner, bis endlich am Strande auch terrigene Elemente sich am Sedimente beteiligen. Was die Mächtigkeit der Riffe betrifft, so wurden bei den älteren fossilen 2—7 *m*, bei den jüngeren fossilen 3—9 *m*, bei lebenden ca. 3 *m* beobachtet. Die fossilen und wahrscheinlich auch die lebenden Korallenriffe sitzen als dünne Krusten auf den Schichtenköpfen fester Sedimentgesteine; sie fehlen auf den weicheren und bröckeligen Küstengesteinen der Sinaihalbinsel. Das Auftreten fossiler Riffe in der Höhe von 230 *m* weist auf eine negative Strandverschiebung hin, welche die Gebirge und mit ihnen die Korallenriffe vom Wasser teilweise entblösst hat. Durch sie ist eine Anzahl von Felsenklippen, die vorher in grosser Wassertiefe sich befanden, der Meeresoberfläche nahe gekommen und bieten den Korallen einen günstigen Untergrund. Das subfossile Riff am Strande lehrt, dass jene negative Bewegung des Ufers bis in die jüngste Vergangenheit hinein fortdauert, und auch an den Küsten auftretende „Salzthone“, welche weiter nichts als eingedampfte Lagunen und meerentblösste Sande sind, sprechen dasselbe aus. Ihr Sediment stimmt völlig überein mit jenem salzigen Schlamm, den die tiefe Ebbe auf dem Strande von Suez entblösst. An vielen Stellen effloresziert auf der Sinaihalbinsel noch weit landeinwärts Salz, und an vielen Orten finden sich zahlreiche Cerithien, die, wenn nicht die einzigen, so doch die vorwaltendsten Vertreter der Fauna sind, welche in den Salzlagerungen ihr Leben noch fristen.

Das Wachstum der Korallenriffe im roten Meere ist also ein seitlich ausgreifendes Flächenwachstum entsprechend dem zunehmenden Hervortreten des Landes aus dem Meere, wodurch die Riffe allmählich dem Seewasser entzogen werden. Daher erscheinen die lebenden und fossilen Korallenriffe der Sinaihalbinsel gleichsam wie dünne Krusten auf felsigem Boden, während bei Senkung des Landes nach Darwin ein Dickenwachstum der Riffe eintritt.

7. Das Meer.

Eine Zusammenstellung der Niveauunterschiede der Europa umgebenden Meere auf Grund der neuesten und zuverlässigsten Ermittelungen hat Makaroff gegeben [1]. Wird der

[1]) Nature 1889. p. 1059.

Digitized by Google

mittlere Stand des Atlantischen Ozeans bei Lissabon als normaler Nullpunkt angenommen, so ergeben sich folgende mittleren Niveaustände:

Westliches Mittelmeer	—434	*mm*
Östliches Mittelmeer	—507	„
Ägäisches Meer	—563	„
Marmara-Meer	—360 bis —291	„
Schwarzes Meer	+246	„
Westliche Ostsee	+259	„
Östliche Ostsee	+254	„
Finnischer Busen	+415	„

Die Durchsichtigkeit des Meerwassers ist zu verschiedenen Zeiten und nach verschiedenen Methoden untersucht worden, doch kann man durchaus nicht sagen, dass die erhaltenen Resultate allgemein unter einander vergleichbar seien, oder das Problem bis jetzt zu einem vorläufigen Abschlusse gebracht wäre, dazu kommt, dass die von den verschiedenen Reisenden erhaltenen Ergebnisse sich nirgend gesammelt finden. Prof. Krümmel hat daher eine recht dankenswerte Arbeit geliefert, indem er eine kritische Sichtung und Zusammenstellung alles desjenigen Materials ausführte [1]), welches für das in Rede stehende Problem von Belang ist. „Dem praktischen Seemann", bemerkt er einleitend, „ist die grosse Verschiedenheit in dem Grade der Durchsichtigkeit der einzelnen Meere durchaus geläufig: er weiss, dass er sehr wohl an tropischen Küsten das farbenreiche Tierleben am Meeresgrunde in Tiefen von 20 und mehr Metern beobachten, den Schiffsanker vom weissen Sandgrunde unterscheiden kann, nicht nur bei Sonnenschein, sondern unter Umständen auch nachts beim Lichte des Vollmondes. Die westindischen Gewässer, das Rote Meer, einzelne Teile des australasiatischen Archipels erscheinen in der Litteratur besonders ausgezeichnet in dieser Hinsicht. Horsbourgh sagt, dass er einmal bei der Philippinen-Insel Mindoro die gefleckten Korallen sogar in 25 Faden oder rund 45 *m* Tiefe erkannt habe. Wenn William Scoresby, indem er auch die auffallende Klarheit der Gewässer bei Spitzbergen rühmt, erwähnt, dass Kapt. Hood im Jahre 1676 an der Küste von Nowaja Semlja nicht bloss den Sandgrund in 80 Fad. (145 *m*) Tiefe, sondern auch noch die weissen Muscheln auf diesem erkannt habe, so dürfte es sich hier wohl um einen Schreibfehler handeln und „Fuss" statt Faden zu lesen sein. Immerhin wäre auch für das Nordmeer eine Durchsichtigkeit bis zu 80 Fuss oder 25 *m* noch bemerkenswert.

Alles dies sind im Grunde genommen aber nur Ergebnisse rein zufälliger Beobachtungen, die erst dann ein wissenschaftliches Interesse gewännen, wenn die Beobachter genau angeben würden, welches die äusserste Tiefe war, in welcher sie weisse Muscheln oder dergl. noch am Meeresgrunde erkannten; obige Daten aber

[1]) Annalen der Hydrographie 1889 p. 62 u. ff.

Digitized by Google

müssen nicht notwendig als solche Maximalwerte anerkannt werden. Diese erhält man nur, wenn man weisse Gegenstände von einiger Flächenausdehnung ins Meer versenkt und die Tiefe feststellt, in welcher sie dem Auge entschwinden. Stellt ein Beobachter eine längere Reihe solcher Versuche in den verschiedensten Meeresteilen an, so sind die Ergebnisse jedenfalls unter einander vergleichbar; während, wie leicht einzusehen, die Versenkungstiefen an einem und demselben Orte unter sonst gleichen Umständen für verschiedene Beobachter, die sich nach einander ablösen, wahrscheinlich ein wenig verschiedene Werte ergeben werden, je nach der individuellen Empfindlichkeit der Augen."

So einfach aber auch diese Versuche sind, so sind sie doch bis jetzt nur selten angestellt worden, zuerst, wie Prof. Krümmel angiebt, von O. von Kotzebue

Chemische Untersuchungen zahlloser Proben von Wasser aus der Nordsee hat Dr J. Gibson ausgeführt[1]. Es ergiebt sich aus denselben, dass die Nordsee zweierlei, durch das Verhältnis des Chlorgehaltes zur Dichtigkeit von einander verschiedene Wasser enthält. Gibson weist nach, dass das relativ chlorreichere von der Oberfläche des Atlantischen Ozeans um die Nordküste Schottlands herum und durch den Englischen Kanal in die Nordsee gelangt, während das relativ chlorärmere von Norden her, wo es bis 79° nördl. Br. angetroffen wurde, in die Nordsee eindringt. Die in den „Challenger Reports" veröffentlichten Untersuchungen der von diesem Schiffe in verschiedenen Meeren gesammelten Wasserproben lassen erkennen, dass ähnliche Unterschiede des Chlorgehalts in der ganzen Ausdehnung des Ozeans vorkommen, und dass meistens, namentlich aber in südlichen Breiten, die chemischen und Dichtigkeitsverhältnisse des Meerwassers angenähert dieselben sind, wie die des relativ chlorreicheren Wassers der Nordsee, das, wie erwähnt, aus dem Atlantischen Ozean stammt. Das chlorärmere Wasser scheint sich, wie aus den „Challenger Berichten" hervorgeht, vorwiegend nördlich vom Äquator und im SW. der Einmündungen des nördlichen Eismeeres in den Atlantischen und Stillen Ozean vorzufinden. Dieser Umstand sowohl, als auch die chemischen Eigenschaften des chlorärmeren Wassers lassen vermuten, dass es arktischen Ursprungs ist, wie das in die Nordsee von Norden her einfliessende.

Eisbildung im Polarmeer. Da die Eisbildung ein Vorgang des Wachstums ist, dessen Bedingungen genau angegeben werden können, so ist er der mathematischen Untersuchung zugänglich, und in der That hat J. Stefan dahin bezügliche Untersuchungen angestellt[2]. Seine Formel ist einfach und zeigt, dass

[1]) Nature 1889. p. 1021. Ann. der Hydrographie 1889. p. 360.
[2]) Sitzungsber. d. Wiener Akademie **98.** [II.] p. 965.

Digitized by Google

die Dicke des Eises der Quadratwurzel aus der Zeit, welche seit Beginn der Eisbildung verfloss, proportional ist.

Über die Eisbildung im Behringsmeer hat das nordamerikanische Schiff „Thetis" im Sommer 1889 wertvolle Beobachtungen angestellt [1]). Schon Mitte August bildet sich hier und da an der Nordküste von Alaska Eis, aber erst nach Mitte September beginnt eine erhebliche und dauernde Eisbildung. Vom 10. Oktober ab ist die Behringsstrasse gewöhnlich durch Eis versperrt, auf dem sich, allerdings unter grossen Gefahren, die Anwohner vom Cap Prinz von Wales und jene des asiatischen Ostkaps bewegen und beiderseits mit den Bewohnern der Grossen Diomes-Insel verkehren. Das Packeis dehnt sich im Winter bis in die Breite der Matthäus-Insel aus und beginnt erst anfangs Mai zu weichen, früher an der asiatischen als an der amerikanischen Seite. Zwischen der Laurenz- und Kings-Insel verschwindet das Eis in der ersten Hälfte des Juni, längs der Nordküste von Alaska bleibt das Packeis stets in Entfernungen von 20—30 Seemeilen vom Lande.

Lotungen. Im Nordatlantischen Ozean hat das Vereinigte Staaten-Schiff „Delphin" vom 10. bis 25. September 1889 eine Reihe von Tiefenlotungen ausgeführt [2]), die in 30° 49′ N. Br. und 25° 20′ W. L. eine grösste Tiefe von 6293 *m* ergaben. In 30° 4′ N. Br. und 59° 1′ W. L wurden 5925 *m* erlotet, in 29° 12′ N. Br. und 56° 50′ W. L 5865 *m*, in 27° 20′ N. Br. und 51° 13′ W. L. 5594 *m* und in 31° 15′ N. Br. und 23° 20′ W. L. 5695 *m* Tiefe.

Lotungen in der Nähe der Antillen hat auch das amerikanische Vermessungsschiff „Blake" ausgeführt Es fanden sich als grösste Tiefen in 23° 42.7′ N. Br. und 52° 11.2′ W. L. 5286 *m*, in 15° 14′ N. Br. und 53° 1.5′ W. L. 5594 *m*, in 26° 35′ N. Br. und 74° 7′ W. L. 4700 *m*.

Lotungen im Karibischen Meere sind behufs Kabellegung von dem Dampfer „Roddam" 1888 ausgeführt worden [3]). Sie ergaben zwischen Curaçao und Haiti in 17° 20′ N. Br. und 69° 45′ W. L. eine grösste Tiefe von 5197 *m*, in der Windward-Passage von 3200 *m*.

Zahlreiche Tiefseemessungen im Stillen Ozean hat das britische Vermessungsschiff „Egeria" 1887 und 1888 ausgeführt [4]), hauptsächlich um über die Lage und das Vorhandensein verschiedener Bänke und Untiefen Aufschluss zu verschaffen. Zwei Stellen wurden gefunden, an denen die Tiefe alle bisher bekannten

---

1) Simpson, Rep. of the Tee and Tee mouvements in Bering Sea, Washington 1890. Hyds. Office.
2) Notice to Mariners 1889. Nr. 45. p. 571.
3) Ann. d. Hydrographie 1890. p. 62.
4) Ann. d. Hydrographie 1888. p. 340. — 1889. p. 480.

Digitized by Google

im südlichen Stillen Ozean übertrifft, nämlich 7855 *m* in 24° 49′ S. Br. und 175° 7′ W. L. und 8098 *m* in 24° 37′ S. Br. und 175° 8′ W. L.

Im nördlichen Stillen Ozean an der amerikanischen Westküste hat der Vereinigte Staaten-Dampfer „Albatross“ 1889 eine grosse Reihe von Lotungen angestellt, die sich von Alaska bis nach Kalifornien erstrecken [1]). Hier können nur die Orte und Werte für die grössten gefundenen Tiefen aufgeführt werden. Die grösste Tiefe mit 6986 *m* wurde in 52° 20′ N. Br. und 165° 0′ W. L. gelotet; die zweitgrösste 5208 *m* in 52° 18′ N. Br. und 163° 54′ W. L., mit grünem Schlamm am Seeboden.

Im Indischen Ozean und im Golf von Bengalen hat das britische Kriegsschiff „Investigator“ 1887 und 1888 Lotungen vorgenommen. Die grösste Tiefe von 3914 *m* fand sich südöstlich von 6° 7′ N. Br. und 80° 11′ Ö. L. Eine in den Karten mit 70 bis 95 *m* Wasser angegebene Bank („Adas-Bank“) bei 14° 25′ N. Br. und 73° W. L. fand sich nicht vor.

Die grössten ozanischen Tiefen, welche bis jetzt ermittelt worden, sind nach einer Zusammenstellung von A. Supan folgende [2]):

1. Nordpacifischer Ozean . . .	44°	55′	N.	152°	26′	O	8513	*m*
2. Südpacifischer „ . . .	24	37	S.	175	—	W.	8101	„
3. Nordatlantischer „ . . .	19	39	N.	66	26	W.	8341	„
4 Südatlantischer „ . . .	0	11	S.	18	15	W.	7370	„
5. Indischer „ . . .	9	18	S.	105	28	O.	5852	„

Nr. 2 wurde am 10. November 1888 von der englischen Korvette „Egeria“ gelotet und gehört wahrscheinlich einer ziemlich eng umgrenzten Mulde an. Soweit man aus den bisherigen Lotungen, die nun doch schon einen grossen Teil der ozeanischen Fläche der Erde berühren, schliessen darf, scheint es nicht wahrscheinlich, dass Tiefen von 10000 *m* überhaupt vorhanden sind.

Der Boden des Indischen Ozeans ist nach Murray's Darstellung [3]) hauptsächlich mit Globigerinenschlamm bedeckt und der südliche Teil mit Diatomeenschlamm. Festländische Ablagerungen finden sich nur längs der Küsten, und zwar in geringer Erstreckung da, wo das Meer rasch in grosse Tiefen abstürzt, in breiter Ausdehnung an den flachen Gestaden des arabischen, persischen und bengalischen Golfes.

Die Depressionen am Boden der Ozeane, welche durch die neuen Lotungen in nicht unbedeutender Zahl nachgewiesen sind, haben ganz von selbst zu der Frage geführt, wodurch sie entstanden sein mögen? Es ist klar, dass diese Frage sehr schwer mit einiger Sicherheit zu beantworten ist, um so mehr, da die Zahl der Tiefseemessungen noch bei weitem

[1]) Ann. d. Hydrographie 1890. p. 264.
[2]) Petermann's Mitteil. 1889. p. 78.
[3]) Scott. Geogr. Magazin 1889. p. 405.

Digitized by Google

nicht ausreicht, um die wirklichen Ausdehnungen und Formen dieser sekundären Becken am Boden der Weltmeere erkennen zu lassen. Manches, was nach dieser Richtung hin auf Karten erscheint, ist zum guten Teil nur Phantasiebildung. Neuerdings hat sich J. D. Dana mit der Frage beschäftigt [1]), allein auch er kommt zu keinem befriedigenden Ergebnisse. Nach seiner Meinung können einige dieser Depressionen, z. B. diejenigen bei den Sandwich-Inseln, vulkanischen Ursprungs sein, allein an anderen Punkten findet man ähnliche Depressionen fern von allen vulkanischen Herden, wiederum giebt es vulkanische Gebiete ohne dieselben. Ein nachweisbarer Zusammenhang jener tiefsten Becken mit dem Vulkanismus existiert also nicht, und man muss sie zunächst als Ergebnisse der Bildung der Erdkruste annehmen, ohne ihre Entstehungsweise im einzelnen nachweisen zu können.

Eine Untersuchung der Meeresteile an der Ostküste Schottlands in thermischer Hinsicht ist seit mehreren Jahren in Ausführung begriffen. Über eine Anzahl wichtiger Ergebnisse, die dabei bezüglich des Firth of Forth erhalten wurden, berichten H. R. Mill und J. M. Ritchie [2]). Die durchschnittliche Dichte des Wassers an der Oberfläche nimmt in dem Masse, als man sich der offenen See nähert, rasch zu und ist im Innern je nach den Tiden ungleich, 1.007 bei Flut und 0.9994 bei Niedrigwasser. In den inneren Teilen des Firth ist der Unterschied im Salzgehalt am Boden und an der Oberfläche des Firth of Forth beträchtlicher als gegen das Meer hin, dabei ist (im April) das Wasser der Oberfläche wärmer als dasjenige am Boden, so dass Dichte und Temperatur sich umgekehrt verhalten. Am Boden tritt ein Minimum der Temperatur nach dem Hochwasser ein, das Maximum vor dem Niedrigwasser, nahe der Oberfläche erreicht die Temperatur ein Minimum vor der Flut, ein Maximum nach dem Niedrigwasser.

Die mittlere Temperatur der Meerestiefen kann, wie E. Wünschendorff bemerkt [3]), durch Widerstandsmessungen an submarinen kupfernen Kabelleitungen gefunden werden. Die Stärke des Widerstandes, den der Draht der Fortpflanzung des elektrischen Stromes entgegensetzt, hängt von der Temperatur dieses Drahtes ab und ändert sich merklich mit dieser. Der Widerstand müsste bei verschiedenen Temperaturen vor der Versenkung des Kabels genau ermittelt werden. Bei dem 351 Seemeilen langen Kabel Kilia-Odessa hat Lacoine regelmässige Beobachtungen 1874—88 angestellt. Aus denselben ergiebt sich, dass die betreffenden Regionen des Schwarzen Meeres in 300 Faden Tiefe im März ein Temperaturminimum von 6.1°, im November ein Maximum von 10°C. aufweisen. Das Jahresmittel beträgt

[1]) Americ. Journ. of Sc. **37.** p. 192 u. ff.
[2]) Proc Royal Soc. of Edinbourgh **13.** p. 460. ibid. Supplement papers 1888. **2.** 3. p. 473. [3]) Revue internationale de l'électricité 1889. März.

Digitized by Google

dort 8.2°C. Auffällig ist die geringe Temperatur dieses Meeresteiles im Vergleich zum Mittelmeer. An dem in 100 Faden Tiefe liegenden Kabel zwischen Weston und Waterville im Westen von Irland fand Alexander Siemens 1886—88 Temperaturschwankungen von 7.7 bis 9.4°C. im März und von 13.3 bis 14°C. im September.

Das kühlere Wasser der Luvküsten. Schon seit längerer Zeit weiss man, dass die Wassertemperaturen an den Luvküsten der Passatzone etwas niedriger sind, als in grösserer Entfernung davon, und an der Leeseite etwas höher. Man hat den kalten Wasserstreifen der Luvküsten durch Oberflächenströmung aus polaren Meeren erklären wollen, allein diese Deutung widerspricht früheren Beobachtungen, durch welche vielmehr, nach Krümmel's Ausdruck[1]), die Abkunft des kalten Küstenwassers durch Aufsteigen aus der Tiefe gesichert erscheint. Die neuen Beobachtungen bethätigen diese Ansicht, und Supan stellt folgendes als allgemeines Gesetz auf[2]): „Der Wind erzeugt eine Oberflächenströmung von der Luv- nach der Leeseite und dadurch eine unterseeische Strömung in entgegengesetzter Richtung, so dass an der Luvseite Tiefenwasser in die Höhe steigt. Ist die Temperaturverteilung eine normale, d. h nimmt die Wärme nach der Tiefe zu ab, so verlassen die Isothermen infolge der Strömung ihre horizontale Lage und nehmen eine gegen die Leeseite geneigte Lage an. An der Leeseite sammelt sich also warmes Wasser an, während das kalte Tiefenwasser die Luvseite einnimmt. Dies ist der Fall in den Süsswasserseen und im offenen Ozean, namentlich in der Passatzone. In den nur oberflächlich mit dem Meere in Verbindung stehenden Fjords, wo im Winter eine kalte Schicht über wärmeren lagert, ist die Erscheinung eine gerade umgekehrte, aber durch den gleichen Vorgang bedingte, d h. kaltes Wassers an der Lee- und warmes an der Luvseite. Auch die Wanderungen der Seetiere hängen damit zusammen.

Über den Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und den Dimensionen der Meereswellen hat Prof. C. Börgen Untersuchungen angestellt[3]). Es gilt als Thatsache, dass die Dimensionen der auf dem Meere durch den Wind hervorgerufenen Wellen von der Stärke oder der Geschwindigkeit des Windes in ganz bestimmter Weise abhängen, so dass, vorausgesetzt, dass man es mit einfachen Wellen zu thun hat, einer bestimmten Windstärke, bei voller Ausbildung, Wellen von bestimmter Höhe und Länge entsprechen müssen. Diesen Zusammenhang aufzufinden, sind verschiedene Versuche gemacht

---

1) Handbuch der Oceanographie 2. p 311.
2) Petermann's Mitteil. 1889. p. 170.
3) Annalen der Hydrographie 1890. p. 1.

Digitized by Google

worden, welche aber alle kein befriedigendes Resultat ergeben haben. Börgen sieht die Ursache des Misslingens in der Mangelhaftigkeit der benutzten Beobachtungen und Annahmen über die Windgeschwindigkeit auf Grund der Schätzungen nach einer willkürlichen Skala. Er benutzte daher zu seinen Untersuchungen eine Zusammenstellung der von Mohn gegebenen Windgeschwindigkeiten und Schätzungen nach Beaufort's Skala, die er durch Werte aus dem Deutschen Polarwerke (Bd. II) ergänzte, und aus denen er folgende Tabelle für die den Windstärken nach Beaufort entsprechenden Windgeschwindigkeiten ableitet:

Beaufort:	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	
Geschwindigkeit:	0.0	1.6	3.3	5.2	7.3	9.6	12.0	14.6	17.3	20.2	23.3	26.6	30.0	^{m} per Sekunde

Dann geht er zur Aufstellung von Formeln über, wobei er zunächst die Erfahrung berücksichtigt, dass die Dimensionen der Wellen mit der Zeitdauer der Windwirkung in solcher Weise zunehmen, dass sie anfangs rasch, später immer langsamer wachsen, bis sie ein Maximum erreichen, welches nicht überschritten wird, wie lange der Wind auch in derselben Stärke wehen mag, d. h. dass sie sich asymptotisch einem Grenzwerte nähern. Was den Einfluss der Wassertiefe auf die Dimensionen der Wellen betrifft, so gelten nach Airy hierfür folgende Regeln: Die Länge der Welle ist der Quadratwurzel aus der Wassertiefe direkt proportional, und die Höhe der Welle ist umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Länge oder der vierten Wurzel aus der Wassertiefe. Diese Regeln gelten so lange, als die Länge der Welle grösser ist als die Wassertiefe, der Einfluss der letzteren verschwindet, sobald die Tiefe gleich oder grösser ist als die Wellenlänge. In flachen Gewässern, wie die Nord- und Ostsee, wird man auf diese Regeln Rücksicht zu nehmen haben, im Ozean ist die Wassertiefe im Vergleich zur Wellenlänge so gross, dass der Einfluss der ersteren ganz verschwindet. Bezüglich des Einflusses des Seeraums ist zu unterscheiden: 1: Wenn der Wind vom Lande aus auf eine unbegrenzte Wasserfläche übertritt, so wachsen die Wellen vom Ufer ausgehend nach See zu in Höhe und Länge, bis sie in einem gewissen Abstande vom Ufer die der Windstärke und den anderen Umständen entsprechenden Maximaldimensionen angenommen haben. Es liegen keine Beobachtungen vor, aus denen hervorgeht, in welcher Entfernung vom Ufer etwa die Wellen ihr Maximum erreichen, doch erscheint es höchstwahrscheinlich, dass dies bei genügend langer Dauer des Windes bereits in verhältnismässig geringem Abstande von der Küste der Fall sein werde, so dass dieser Einfluss des Seeraums für die Wellen des freien Meeres, welche hier betrachtet werden, als geringfügig vernachlässigt werden kann. Anders verhält es sich 2. mit dem Einflusse, welchen die Ausdehnung der Wasserfläche in der Richtung des Windes auf die überhaupt mögliche Maximalentwickelung der Wellen ausübt, dieser scheint recht erheblich

Digitized by Google

zu sein, insofern man die geringeren Dimensionen der in begrenzten Gewässern entstehenden Wellen hauptsächlich diesem Umstande zuschreiben darf. In Ermangelung besserer Kenntnis stellt Börgen eine Hypothese als die wahrscheinlichste und naturgemässeste auf, um zu einer numerischen Auswertung dieses Einflusses zu gelangen. Damit gelangt er zu einer einfachen Formel für die Dimensionen der Wellen, welche bei einem bestimmten Seeraum in der Richtung des Windes nach einer bestimmten Zahl von Stunden seit Beginn des Windes erreicht werden. Nach Einsetzen konkreter Werte in die Formel und durch Vergleich derselben mit Beobachtung der Wellendimension findet Börgen eine gute Übereinstimmung.

Im übrigen macht er darauf aufmerksam, dass der Seegang stets ein kompliziertes System von verschiedenen Wellen darstellt. „Ist dies aber der Fall, so ergiebt sich eine ziemlich einfache Erklärung einer Erscheinung, welche bislang noch als offene Frage betrachtet wurde, nämlich für das an exponierten Küstenpunktne beobachtete Auftreten von Wellen von erheblich längerer Periode, als sie den direkt durch den Wind erzeugten Wellen zukommt[1]), die örtlich verschiedene Namen haben (Marobbio, Resacca etc.). Diese Wellen, welche sich auf den selbstregistrierenden Flutmessern als mannigfach gezackte Ausbuchtungen der Gezeitenkurven darstellen, haben oftmals Perioden von 5, 10, ja bis zu 30 Minuten und mehr, während der gewöhnliche Seegang höchstens eine Periode von 14 bis 16 Sekunden haben kann. Zur Erklärung dieser Erscheinung hat man angenommen, dass es Wellen seien, welche, durch unterseeische Erdbeben hervorgerufen, sich über den Ozean fortpflanzten, und da ihre Geschwindigkeit von der mittleren Tiefe des Wassers abhängt, so hat man gesucht, die Tiefe aus der beobachteten Geschwindigkeit der Welle zu berechnen. Zweifellos ist diese Erklärung in manchen Fällen die richtige, die fragliche Erscheinung tritt aber viel zu häufig auf, als dass man nur einen Augenblick daran denken könnte, dieselbe aus der genannten Ursache allein erklären zu können. Eine andere Erklärung suchte man darin, dass die fraglichen Wellen als Seiches aufgefasst wurden, d. h. als Wellen, welche in einem Hin- und Herschwanken des Meeresspiegels zwischen zwei festen Ufern bestehen, wie sie besonders von Forel im Genfer See beobachtet und studiert worden sind. Allein auch diese Erklärung ist nicht überall anwendbar, wenn sie auch gewiss in vielen Fällen das Richtige treffen mag. Die fraglichen Wellen von langer Periode kommen nämlich auch vor an Plätzen, wo es unmöglich ist, dass

[1]) Ozeanographie II. p. 137 ff. Hier werden diese Wellen als stehende Wellen aufgefasst, wir werden aber sehen, dass dies nur zum Teil zutreffend ist, nämlich nur für die in kleinen Wasserbecken auftretenden, von Forel Seiches genannten Schwankungen.

Digitized by Google

Seiches von so langer Periode entstehen können, so auf isoliert gelegenen Inseln, wie z. B. Kerguelen im Südindischen, Auckland im Südpazifischen Ozean, auf Süd-Georgien im Südatlantischen Ozean, auf Helgoland in der Nordsee und an vielen exponierten Küstenpunkten des Festlandes, wo man vergeblich nach zwei einander gegenüber liegenden Ufern sucht, die in solcher Entfernung von einander liegen, dass die Periode der fraglichen Wellen dadurch erklärt werden könnte.

Solange die Tiefe des Wassers grösser ist als die Länge jeder einzelnen der den Seegang bildenden Wellen, so kann die Höhe derselben gegen die Wassertiefe als verschwindend angesehen werden, und die der Beobachtung zugängliche resultierende Welle entsteht einfach durch Übereinanderlagerung der einzelnen Wellen, oder, um es mathematisch auszudrücken, der Ausdruck für die resultierende Welle ist die Summe der Ausdrücke für die einzelnen Wellen. Wird aber das Wasser so seicht, dass die Höhe der Einzelwellen nicht mehr gegen die Tiefe des Wassers als verschwindend betrachtet werden darf, wie dies bei dem gegen die Küste heranrollenden Seegang der Fall ist, so hört das einfache Gesetz der Übereinanderlagerung auf, gültig zu sein."

Prof. Börgen zeigt nun an einem Beispiele, wie alsdann neue fortschreitende Wellen entstehen, und die ersteren derselben sind es, welche nach seiner Ansicht die seichesartigen Wellen repräsentieren. „Es ist nützlich," bemerkt Prof. Börgen, „auf die Analogie mit der Flutwelle hinzuweisen, welche sich aus der im Vorstehenden vorgetragenen Ansicht über die Zusammensetzung des Seegangs aus verschiedenen Wellen ergiebt. Auch die Flutwelle ist keine einfache Welle, sondern entsteht aus der Interferenz einer ganzen Anzahl einzelner Wellen von verschiedener Periode, und auch hier hat es sich, um die Beobachtungen an Küstenstationen durch die Rechnung wiedergeben zu können, als notwendig herausgestellt, ausser den einfachen Wellen auch noch die durch seichtes Wasser hervorgebrachten Neben- und zusammengesetzten Wellen zu berücksichtigen. Man wird aber aus dem Vorhergehenden auch entnehmen, wie vorsichtig man sein muss, wenn man eine durch Erdbeben entstandene Welle auf den Kurven entfernt gelegener registrierender Flutmesser wiederzufinden glaubt; es mag wohl manchmal vorkommen, dass man durch Sturm und Seegang hervorgerufene seichesartige Wellen für Erdbebenwellen hält, oder diese vermischen sich mit jenen, so dass ihre Ankunftszeit ganz unsicher wird."

Über die Gezeiten längs der niederländischen Küste hat sich A. v. Horn eingehend verbreitet[1]). Er erinnert zunächst daran, dass es noch nicht gelungen ist, die Momente von Hoch- und Niedrigwasser für die niederländischen Küstenplätze in

[1]) **Annalen der Hydrographie** 1889. p. 267.

sicherer Weise voraus zu bestimmen, und greift dann auf eine bereits von Daniel Bernouilli angegebene Methode zurück, auf einfache Weise unter Berücksichtigung der bereits an anderen Hafenplätzen gemachten Erfahrungen die Zeitpunkte mit genügender Annäherung zu berechnen. Auch eine spezielle Erklärung der verwickelten Wasserbewegung längs der niederländischen Küste giebt Horn. Wellenbewegungen in See, welche unmittelbar durch die Anziehungskraft der Himmelskörper hervorgerufen werden, tragen den Namen „gezwungene Wellen". Die Wasserteile befinden sich in oszillierender Bewegung und empfangen stets neue Impulse von den Himmelskörpern. Wird indessen eine solche Wellenbewegung durch Bänke oder Küstenform in ihrem Laufe behindert, so pflanzt sie sich hinter diesen Hindernissen wohl noch weiter fort, ist jedoch in der Hauptsache der direkten Einwirkung der Himmelskörper entzogen und sich selbst überlassen: es ist eine „freie Welle". Die Bewegung der Gezeiten längs der holländischen Küste wird nun von Horn in der Hauptsache als Folge einer freien Welle betrachtet. Neben der oszillierenden Bewegung giebt es aber noch eine von Scott Russell beschriebene Wellenbewegung, welche derselbe als Translationswelle bezeichnet, und die z. B. vor dem Bug eines in Bewegung befindlichen Schiffes, überhaupt durch Hinzufügung einer gewissen Wassermasse entsteht. Letzteres findet in den niederländischen Strommündungen und in der Zuidersee statt. Bei dem Steigen des Seespiegels wird nicht allein der Abfluss aus dem Strom behindert, sondern zugleich eine kleine Masse Seewasser nach binnen gedrängt. Innerhalb der Seegatten sind somit die Gezeiten zwei verschiedenen Arten von Wellenbewegungen zuzuschreiben: den Oszillations- und Translationswellen. Die Gezeiten werden durch eine periodische Wellenbewegung des Seewassers verursacht, welche sich durch Mitteilung der Bewegung fortpflanzt. Bei dieser Fortpflanzung erleiden die Wasserteilchen selbst eine Versetzung, welche als Gezeitströmung und Höhenschwankung wahrgenommen wird. Die Gezeitströmung steht jedoch in keinem Verband mit dem Gefälle der Oberfläche. „In dem am meisten vorkommenden Falle bewegen sich die Wasserteile mit Flutstrom in der einen und mit Ebbestrom in der entgegengesetzten Richtung. Nachdem der Maximalwert erreicht ist, nimmt der Flutstrom langsam ab und wird Null: der Strom kentert, und es entwickelt sich der Ebbestrom. In diesem Falle ist die Gezeitströmung eine hin- und zurückgehende, wie es die Regel an der festen holländischen Küste zu sein scheint. Südlich vom Hoek van Holland und nördlich vom Helder tritt jedoch nie Stromstillstand ein. Beim Abnehmen des Ebbestromes und beim Aufkommen des Flutstromes und umgekehrt dreht sich der Strom den Kompass herum. Die Ursache dieser anomalen Bewegung liegt, wie Horn sehr wahrscheinlich macht, in lokalen Umständen.

Digitized by Google

Die Erosionswirkung der Gezeitenströme ist von O. Krümmel in ihrer Bedeutung dargestellt worden [1]). Die Gezeiten bewirken Strömungen, welche besonders zwischen Inseln, in trichterförmigen Golfen und Flussmündungen stark auftreten. „In diesen strömt das Wasser täglich zweimal etwa 6 Stunden lang in der einen Richtung und zweimal in ebenfalls 6 Stunden in der entgegengesetzten. Der Strom beruht auf der Wellennatur der Flutwelle, und die Theorie ergiebt, dass im flachen Wasser nahe den Küsten und im „Flussgeschwelle" der Flutstrom oder die „Flut" mit dem Ansteigen des Wasserstandes, der Ebbestrom oder die „Ebbe" mit dem Sinken desselben ungefähr zusammenfällt. Im Moment des Hochwassers steht der Strom still, ist „Neuwasser"; ebenso ist zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes kein Strom; alsdann wendet oder „kentert" der Strom. Die Stärke des letzteren ist, wie die Theorie zeigt, abhängig von der Flutgrösse, d. h. dem Unterschiede zwischen Hoch- und Niedrigwasser, dem sie direkt proportional sich verhält; ferner ist sie umgekehrt proportional der Wurzel aus der Wassertiefe. Aber auch die Flutgrösse ist bekanntlich abhängig von der Wassertiefe und nach Airy umgekehrt proportional der vierten Wurzel aus derselben, endlich ist sie auch abhängig von der Breite des gegebenen Bettes und umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Tiefe. „Man sieht hieraus, dass die Gezeitenströme in allen trichterartig sich verengenden und am hinteren Ende spitz und flach zulaufenden Golfen ihre höchsten Werte erreichen werden. Die Rechnung ergiebt beispielsweise für den Bristolgolf, dessen Flutgrössen meist 10 *m*, und dessen Wassertiefen bei Niedrigwasser etwa 16 *m* betragen, einen Strom von 6 Knoten (beobachtet sind 5), für den Golf von St. Malo bei ähnlicher Flutgrösse, aber etwa 4 *m* grösserer Wassertiefe, einen solchen von 6 bis 7 Knoten, was auch die Beobachtungen bestätigen. Noch grössere Werte sind in den Engen zwischen den Klippen der Pentlandföhrde beobachtet, wo nach Stevenson die gefürchtete Roost der Pentland-Skerries bei Springzeit schon 11 Knoten gelaufen ist; auch in den Strassen der Orkney- und Shetlands-Inseln sind Strömungen von 8 bis 9 Knoten (bei Springflut) festgestellt. Das Maximum, welches überhaupt gemessen ist, dürfte aber in dem Trichtergolf von Hang-tscheu an der chinesischen Küste ($30^1/_2{}^0$ N. Br.) beobachtet sein, wo am 28. Januar 1842 von Kapt. Collinson $11^1/_2$ Knoten konstatiert wurden. Zum Vergleich sei angeführt, dass der Rhein bei Bingen gewöhnlich 3.42 *m* pr. Sek. oder fast 4 Knoten läuft, bei Koblenz aber bei Hochwasser nicht über 4 Knoten. Es sind also sehr bedeutende Stromstärken, die uns hier entgegentreten, und thatsächlich wird auch in einigen, besonders engen und

[1]) Petermann's Mitteil. 1889. p. 129 u. ff.

wegen unregelmässiger Bodenbildung dann von Stromwirbeln beherrschten Strassen die Schiffahrt geradezu nur auf die kurzen Momente des Stau- oder Stillwassers, bis der Strom kentert, beschränkt.

Der Theorie gemäss müssen nun bei diesen Flutwellen, welche vieltausendmal länger sind, als das Wasser tief ist, die Wasserteilchen sich von der Oberfläche bis zum Boden hinab ganz gleichzeitig und mit fast der gleichen Geschwindigkeit horizontal hin- und zurückschieben.

Die Beobachtung bestätigt dies, und daraus folgert Krümmel mit Recht, dass durch die Gezeitenströme „bedeutende Umsetzungen von festen Stoffen, daher auch Einwirkungen auf die Gestalt des Bodens und der Küsten stattfinden", wie Richthofen es in seinem „Führer für Forschungsreisende" ausspricht.

Prof. Krümmel geht nun dazu über, das namentlich in den Küstenkarten niedergelegte Material mit Rücksicht auf diese Frage zusammenzustellen und zu untersuchen, und kommt dabei zu dem Resultate, dass die Gezeitenströme für gewisse Küstenformen geradezu als massgebendes Agens auftreten. Sehr charakteristisch zeigen sich diese Wirkungen im Bereich weicher Diluvialküsten.

„Die ganze Bodengestaltung bei den friesischen Inseln und im Wattengebiet ist auf die starken Gezeitenströme zurückzuführen. Denkt man sich die Gezeiten für dieses Gebiet fort, so würden die zahlreichen Inseln durch die von den herrschenden Westwinden und den abfliessenden Landwassern erzeugte östliche Küstenströmung zu einigen langen Nehrungen zusammengefügt worden sein, die nur für den Durchlass des Flusswassers notwendigen Öffnungen frei liessen. So aber geht durch jedes Seegat zwischen je zwei Inseln die Flut mit grosser Kraft und stark seitlich eingeengt hindurch, um die Wattengründe hinter den Tafeln mit Wasser zu bedecken, und die Ebbe entleert mit ähnlicher, vielfach grösserer Geschwindigkeit die so überschwemmten Flächen. Infolge davon sind in den Engen der Seegate Wassertiefen ausgefurcht, welche im See erst viele Seemeilen hinaus wieder erreicht werden.

Scharfsinnig macht Kümmel darauf aufmerksam, dass die Entstehung der Strasse von Dover auf Erosion durch Gezeitenströme zurückgeführt werden könne. „Man denke sich", sagt er, „dieselbe geschlossen, so war von zwei Seiten her der anrollenden Flutwelle ein trichterförmiger Raum zugewendet, sowohl vom jetzigen Kanal aus, wie auch aus der Nordsee. Das musste naturgemäss die Flutgrössen in einem Masse steigern, dass sie vielleicht selbst die Riesenfluten der Fundy-Bai noch übertrafen. Jedenfalls mussten damals zu beiden Seiten der Landbrücke Flutgrössen und demgemäss auch Stromstärken wie im Golf von Bristol vorkommen, wo sie am Clevedon Prier bei Springzeit

Digitized by Google

gelegentlich 15.9 *m* gezeigt haben. Durch die Untersuchungen des Geologen G. Lennier ist festgestellt, dass sich die alten Steilränder jener Zeit, mit den charakteristischen Feuersteingeschieben am ehemaligen Strande, insbesondere bei St. Adresse unweit Havre, bei Fécamp und Dieppe in Höfen von mindestens 7 *m* über der gegenwärtigen Hochwassermarke noch vorfinden, woraus sich sogar ein Flutwechsel von 22 *m* folgern lässt, denn um ebensoviel wie das Hochwasser über die gegenwärtige Marke sich erhob, musste damals das Niedrigwasser unter der heutigen Niedrigwasserlinie zurückbleiben. Die Niveaus, in denen diese Ablagerungen vorkommen, sind nicht überall dieselben, und deshalb folgert Lennier mit Recht, das der Durchbruch der Enge nicht auf einmal in erheblicher Breite, sondern schrittweise erfolgt sei, und die Flutgrössen damit dann ebenso schrittweise sich verringert hätten, bis endlich die gegenwärtige Öffnung mit der ihr entsprechenden Fluthöhe errichtet wurde Die Untersuchung des Bodens zwischen Dover und Calais aus Anlass der Tunnelprojekte hat in der That einen ganz ungestörten Zusammenhang der Kreideschichten zu beiden Seiten der Meerenge erwiesen. Noch heute sind anscheinend einige Reste der alten Verbindung wenigstens submarin erhalten in Gestalt von zwei langen und schmalen, an der Oberfläche mit Sand bedeckten, steil abfallenden Felsrücken, die, zwischen Dungeness und Griz Nez mitten im über 30 *m* tiefen Fahrwasser gelegen, beim Niedrigwasser der Springzeit nur bis zu 2 und 3 *m* Wasser über sich lassen: der sogenannte Varne, der etwa 4 Seemeilen lang ist, und der doppelt so lange Ridge oder Colbart, die beide ungefähr in der Richtung der Gezeitenströme streichend angeordnet sind.

Schliesslich weist Krümmel auch Gebiete nach, wo in Verbindung mit der Erosion auch charakteristische Formen der Anschwemmung vorkommen, und bezeichnet als solche die Watten, deren Bildung im ganzen, wie Lage und Form der Fahrwasserrinnen im einzelnen, ihre massgebende Ursache in den Gezeitenströmen finden.

Über den Golfstrom bringt J. E. Pillbury auf Grund der Untersuchungen von 1887 wichtige Mitteilungen [1]). Der eigentliche Ursprung des Stromes ist die Strömung in der Strasse von Yukatan. Nahe den Tortugas hat der Strom eine Tiefe von 1100 bis 1300 *m*, zwischen Florida und der Bahamabank von 500 bis 600 *m*. Die Strömung unterliegt Schwankungen in täglicher und monatlicher Periode, welche auf den Einfluss des Mondes zurückzuführen sind. Übrigens erstrecken sich die Beobachtungen nur auf die Monate März bis Juni, und können in der übrigen Zeit des Jahres gewisse Abweichungen ziemlich sicher erwartet werden. Zwischen Fowey Rocks und Gun Cay der Bahama-Inseln

[1]) Rep. U. S. Coast. and Geod. S. 1887. Washington 1889. 8. p. 173 ff.

Digitized by Google

variiert die Geschwindigkeit bisweilen bis zu 4.5 *km* innerhalb 24 Stunden. Das Maximum tritt etwa 9^h nach der oberen Kulmination des Mondes ein. Die Axe des Golfstromes, d. h. die Linie der grössten Wasserbewegung an der Oberfläche liegt 21 *km* östlich vom Leuchtturm der Fowey Rocks, mit 9.5 *km* grösster, 3 *km* geringster und 6.3 *km* mittlerer stündlicher Geschwindigkeit. Der Wind hat auf die Strömungsgeschwindigkeit wahrscheinlich einen erheblichen Einfluss.

Das Auswerfen von Flaschen seitens der Expedition des Prinzen von Monaco im Nordatlantischen Ozean zwischen den Azoren und Neufundland lässt eine Oberflächenströmung erkennen, die im Sinne der Uhrzeigerbewegung um eine Stelle südwestlich von den Azoren läuft. Eine andere Oberflächenströmung läuft vor dem Kanal gegen NO, wendet aber an der französischen Küste um und geht längs der Kanarischen Inseln zur Äquatorialströmung und mit dieser in der Richtung gegen die Antillen, also so, wie unsere besseren Karten sie bereits darstellen. Die sogenannte Rennelströmung ist nach den Beobachtungen von 1886 höchstens nur zu gewissen Zeiten vorhanden[1]).

Die Strömungen und Oberflächentemperaturen im Golf von Aden sind vom Niederländischen Meteorologischen Institut an der Hand eines sehr zahlreichen Materials untersucht worden[2]). Für die Zeit des SW-Monsuns werden die Strömungsverhältnisse im Golf von Aden und bis zum Kap Guardafui für jeden einzelnen Monat gegeben. Im Mai trifft man dort ebenso oft östlich als westlich laufende Strömung, in der Bab el Mandeb-Strasse bald nördliche, bald südliche. Im Juni hat dagegen im Aden-Golf die östliche Strömung die Überhand, in der vorgenannten Strasse läuft der Strom südlich, ebenso im Juli und August. Im September sind die Strömungen nicht mehr so regelmässig, der östliche Strom ist bald nach Süden, bald nach Norden abgelenkt. Im Oktober setzen die Strömungen in der Bab el Mandeb-Strasse bereits in nördlicher Richtung, im Aden-Golf ist die westliche schon so häufig, als die östliche Strömung, und im Osten von Socotra stösst man schon auf einen kräftig durchstehenden westlichen Strom.

Karten der Oberflächentemperatur, sowie der Winde und Strömungen im Roten Meere und im Golf von Aden haben Toynbee und Baillie entworfen, und zwar für Januar (Nordost-Monsun) und Juli (Südwest-Monsun). Diese Karten beziehen sich jedoch lediglich auf den befahrenen Teil der betreffenden Meeresgebiete, über die allein nur Beobachtungen vorliegen[3]).

Die Meeresströmungen im Gebiet der kleinen Sundainseln sind von H. Blink studiert worden[4]). Die Strömungen

---

[1]) Compt rend. de l'acad de Paris 3. Juni 1889.
[2]) De Zee 1888 Aug. Im Auszug: Hansa 1889. Nr. 18. Gaea 1889. p. 672.
[3]) Proceedings of the Royal Geogr. Society London 1888. p. 11.
[4]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1. p. 1—58.

Digitized by Google

dort hängen lediglich von den Winden ab, doch werden sie in den Meeresstrassen zwischen den Inseln in hohem Grade durch die südwärts vom Indischen Ozean eindringenden Tiden beeinflusst. Die Luftströmungen anbelangend, finden sich folgende Resultate:

A) Winde in den Meeren im Norden der kleinen Sundainseln.

1. Während der Monate Mai bis Oktober SE-Passatwinde mit lokalen Abweichungen.

2. Im November und Dezember Kenterung. Der NW-Monsun tritt gegen den Schluss dieser Zeit ein und wechselt ab mit dem SE-Passat und anderen zufälligen Winden.

3. Im Januar weht im Osten der NW-Monsun fast beständig, herrscht aber im Westen erst am Ende dieses Monats regelmässig.

4. Im Februar herrscht der NW-Monsun beinahe regelmässig.

5. Im März und April wechselt aber der NW-Monsun mit dem SE-Passat. Infolge dessen unregelmässige Winde. Im westlichen Teil des Gebietes herrschen in diesem Monat auch nordöstliche Winde, deren Entstehung in der Borneo-Depression zu suchen ist, die ihrerseits in der starken Erwärmung des Innern dieser Insel zur Zeit des Äquatordurchganges der Sonne ihre Ursache hat.

B) Winde im Süden der kleinen Sundainseln.

1. Während der Monate April bis September herrscht der SE-Passat bis nördlich der kleinen Sundainseln.

2. Im Oktober erstreckt sich dieser SE-Passat meistenteils noch bis zu den kleinen Sundainseln, wird aber auch zwischen dem 10. und 20.⁰ südl. Br. nicht selten durch unregelmässige Winde unterbrochen.

3. Während der Monate November und Dezember wehen zwischen der Grenze der Passatwinde und dem 10.⁰ südl. Br. vielfach SE-Winde, welche auf den Einfluss Borneos und der Javasee, die um diese Zeit stark erwärmt sind, sich zurückführen. Sie schliessen sich zwar den Passatwinden an, entstehen jedoch durch andere Ursachen. Auch beginnt in diesem Monat der Einfluss der australischen Depression, wodurch jene SW- und W-Winde entstehen, welche zwischen den Passatwinden und den kleinen Sundainseln ihr Gebiet haben.

4. Im Januar liegt die mittlere äquatoriale Passatgrenze im Süden der Balistrasse auf etwa 17⁰ südl. Br., im Februar dagegen etwas südlicher. Zwischen der äquatorialen Passatgrenze und den kleinen Sundainseln herrschen in diesem Monate meist W- und SW-Winde. Diese entstehen durch die cyklonale Luftbewegung um Neuholland.

5. Im März nähert die äquatoriale Passatgrenze sich den kleinen Sundainseln, wodurch in deren Nähe viele SE-Winde wehen; jedoch hat in diesem Monat der Passat sein Gebiet noch nicht vollkommen eingenommen, infolge dessen die SE-Winde oft durch andere Luftströmungen unterbrochen werden. Die kleinen

Digitized by Google

Sundainseln bilden ungefähr die Grenze zwischen dem SE-Passat und dem in der Sundasee noch vielfach herrschenden NW-Monsun.

Die Oberflächenströmungen im südwestlichen Teile der Ostsee sind auf Grund der Beobachtungen am Bord des Feuerschiffs „Adler-Grund" von L. E. Dinklage untersucht worden [1]). Diese Beobachtungen sind um so wertvoller, als das zwischen Rügen und Bornholm (in 54° 48.6′ nördl. Br. und 14° 20.7′ östl L.) verankerte Feuerschiff sich in verhältnismässig sehr freier Lage befindet. Die Beobachtungen beginnen mit Mitte Mai 1885 und schliessen mit Ende Juni 1886. Schon ein Blick auf die Beobachtungsreihe lässt erkennen, dass eine regelmässige oder auch nur vorwiegend nach einer bestimmten Richtung gehende Bewegung des Oberflächenwassers in der Gegend des Adlergrundes nicht vorhanden ist Die genaue Prüfung zeigte dagegen, dass bei ständigem Winde von der Stärke 3 und darüber die Strömung, wenn dieselbe von nur einiger Bedeutung ist, mit dem Winde folgt. Ferner fand sich, dass der Einfluss des W ndes auf die Richtung der Strömung sich selbst in einer Tiefe von 5 *m* schon an demselben Tage fühlbar macht. Der Strom setzt jedoch in der Regel nicht recht mit dem herrschenden Winde, sondern in einer Richtung, die durchschnittlich 2½ Striche nach rechts von demselben abweicht. Die Geschwindigkeit der Strömung ist in erster Linie von der Stärke des Windes abhängig. Unregelmässigkeiten im Auftreten der Strömung sind praktisch nur von geringer Bedeutung. „Bei stärkerem Winde und stärkerem Strom geht der letztere fast ohne Ausnahme stets mit dem Winde, und zwar in den allermeisten Fällen mit einer Abweichung nach rechts. Sobald der Wind sich dreht, dreht sich auch der Strom, aber solange der Wind frisch aus derselben Richtung weht, bleibt auch die Stromrichtung unverändert. Höchst wahrscheinlich wird im offenen Ozean das Verhalten ganz dasselbe sein. Nur an Orten, wo ganz beständige Winde herrschen, die ebenso beständige Strömungen hervorrufen, wie z. B. im Passatgebiet, mag das Aufstauen des Wassers die Ursache starker, gegen den Wind laufender Strömungen werden können".

Über die physikalischen Verhältnisse der Ostsee auf Grund der Arbeiten, welche die Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere ausgeführt, verbreitet sich Prof. K. Möbius [2]) in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, wobei er auch die geologischen Verhältnisse berücksichtigt. In der Kieler Bucht schliesst sich an das sandige Ufer, das hier und da mit Steinen und erratischen Blöcken bedeckt ist, auf denen Fukus wächst, die flache Seegrasregion an, welche bei niedrigen Wasserständen, wenn Westwinde das Wasser hinaus-

[1]) Annalen der Hydrographie 1887. p. 1 u. ff.
[2]) Verhandlgn. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1888. p. 81.

Digitized by Google

treiben, trocken liegt. Sie ist im Sommer und Herbst auch belebt von Seesternen, kleinen Fischen, Krebsen, Würmern und Schnecken, die man im klaren Wasser auf dem Seegrase kriechen sieht. Dann folgt eine steile Böschung, die mit totem Seegras bedeckt ist und in der Thalsohle der Bucht, meist 12—15 *m*, tiefschwarzer Mud. Ganz ähnlich sind die inneren Teile der übrigen Föhrden im Osten von Schleswig-Holstein und Jütland beschaffen. An den Öffnungen derselben ist der Grund aber gewöhnlich nicht mit Mud, sondern mit Florideen, rotbraunen Algen, bedeckt. Im ganzen westlichen Teile, zwischen den dänischen Inseln, Schleswig-Holstein und Mecklenburg sind, die Tiefen nicht grösser als 20 *m*. Zwischen Rügen und Schweden beträgt die Tiefe bis 50 *m*, östlich von Bornholm 100 *m*, nördlich von Danzig 110 *m*, östlich von Gotland 200 *m*, nördlich von Gotland 323 *m*, die grösste Tiefe der Ostsee. Wie in der Kieler Bucht wächst überall im flachen Wasser, wo der sandige Grund nicht beweglich ist, Seegras, auf Steinen Fukus, tiefer bilden sich Florideenwiesen, und in den grössten Tiefen besteht der Grund aus weichem, schwarzem Mud oder klebrigem Thon. Auf flacheren Bänken liegen zahlreiche erratische Blöcke, die mit Pflanzen besetzt sind; zwischen denen sich auch im östlichen Gebiet reiches Tierleben entwickelt. Von grösster Bedeutung für den Salzgehalt der Ostsee und daher auch für ihr Pflanzen- und Tierleben sind die Tiefenverhältnisse der Verbindungsstrassen mit der Nordsee. Die geringsten Tiefen des Grossen Belts betragen 25—40 *m*, die des Kleinen Belts 17—20 *m*, die des Sundes 8—12 *m*. Der Sund dient vorzugsweise zur Ausströmung des stark angesüssten Wassers der östlichen Ostsee; durch die Belte fliesst oben auch Ostseewasser aus, unten aber Nordseewasser ein. Auf der Pommeraniafahrt 1871 wurde am 17. Juni im Grossen Belt an der Oberfläche nach N strömendes Wasser gefunden, welches 1% Salz enthielt, 9 *m* tief auch noch N strömendes Wasser mit 1.017% Salz, 27 *m* tief nach S strömendes Wasser mit 2.8% Salz, 36 *m* tief auch nach S strömendes Wasser mit 3.006% und 64 *m* tief ebenfalls nach S strömendes Wasser mit 3.026% Salz. Dieser stärkere Salzgehalt in der Tiefe des Grossen Beltes setzt sich fort bis gegen die holsteinische und mecklenburgische Küste. Im Sund wurde bei Helsingor am 27. Juni 1881 an der Oberfläche nur 0.026% Salz gefunden, am Grunde, 34 *m* tief, aber 3.35%, also beinahe der Salzgehalt der freien Nordsee, der durchschnittlich 3.5% beträgt. Am 28. Juni enthielt das Sundwasser bei Malmö von der Oberfläche bis an den Grund nur 0.78% Salz, war also nur Wasser aus dem östlichen Teile der Ostsee. Der mittlere Salzgehalt der Kieler Bucht beträgt an der Oberfläche 1.7%, 14 *m* tief 1.9%, 18 *m* 2.1%. Der mittlere Salzgehalt des westlichen Teiles ist 2%, der des östlichen Teiles am Grunde 1—1.5%, an der Oberfläche 0.6—0.8%. Die marinen

Digitized by Google

Tiere, welche die Ostsee dauernd bewohnen, sind keine Brackwassertiere, wie man sie früher bezeichnete, sondern solche Seetiere, welche im stande sind, in Seewasser von hohem und niedrigem Salzgehalte zu leben, es sind euryhaline Tiere. Ausserdem besitzen sie aber auch noch die Fähigkeit, grosse Temperaturschwankungen zu ertragen. Solche, die in den höheren Wasserschichten der Kieler Bucht wohnen, (wie die Miesmuschel), müssen im Laufe des Jahres Temperaturdifferenzen von 0° bis 22.5° C. aushalten, 9 *m* tief wohnende — 0.5° bis 20.6°. Ähnlichen Temperaturschwankungen sind aber alle Ostseetiere ausgesetzt, diejenigen ausgenommen, welche nur die gleichmässig kalten grossen Tiefen des östlichen Gebietes bewohnen, wo am Grunde auch im Sommer und Herbst die Temperatur auf wenig Graden über Null beharrt. Ein zweiter wesentlicher Charakter der meisten Ostseetiere besteht aber darin, dass sie eurytherm sind. Weil die Ostseetiere euryhaline und eurytherme Seetiere sind, haben die meisten eine Verbreitung vom nördlichen Eismeere bis an die Küsten Afrikas. Viele reichen auch bis ins Tertiär zurück. Der Wechsel der Temperatur und des Salzgehaltes, dem die Ostseetiere ausgesetzt sind, greift hemmend ein in ihr Wachstum. Sie sind kleiner als ihre Artgenossen in der Nordsee und im Eismeere. In den letzten Jahren hat die Kieler Kommission nach Methoden, die Prof. Hensen ausgedacht hat, Untersuchungen über das Plankton, die treibende organische Masse angestellt, die neue wichtige Einblicke in die Produktivität des Meeres unter dem Einflusse des Sonnenlichtes eröffnet. Nach einer Vergleichung mit einem bearbeiteten Acker liefert ein Hektar Meer freilich 20 % weniger treibende organische Substanz als jener; aber im Meere ernten wir, ohne zu pflügen und zu säen".

Der Seebär der Ostsee. Mit diesem Namen bezeichnen die Anwohner der Ostseeküste eine bei windstiller Luft plötzlich auftauchende Flutwelle, deren Ursache von den Strandbewohnern bald in einem „unterseeischen Gewitter", bald in Gasentwickelungen am Meeresboden gesucht wird. Die Erscheinung ist sehr selten, und in wissenschaftlichen Kreisen war man lange geneigt, sie mit örtlichen Erdbeben in Beziehung zu setzen. Am 20. Mai 1880 brachte die Stralsunder Zeitung die Nachricht, dass in der Nacht vom 16. bis zum 17. Mai bei Ahrenshoop an der Westküste des Darss bei völlig ruhiger See ein plötzliches Anschwellen der Ostsee, gefolgt von mehreren, den Strand hoch überflutenden Wellen, beobachtet worden sei. Prof. Rudolf Credner in Greifswald erkannte aus dieser Schilderung, dass es sich hierbei um die Erscheinung des sogenannten „Seebären" handle, und beschloss, die Sache genau zu untersuchen. Zunächst ist zu bemerken, dass der Name „Bär" wahrscheinlich aus dem alten Worte „bahre" = Woge entstanden ist, und eine Analogie in dem französischen „la barre" besteht, welches die bei der Springflut heranstürmende

Digitized by Google

Flutwelle bezeichnet. Die Erhebungen von Prof. Credner liessen gleich anfangs erkennen, dass die Erscheinung in der Nacht vom 16. bis zum 17. Mai eine viel ausgedehntere Verbreitung besass, als man vermuten konnte. Sie zeigte sich an der Küste zwischen Travemünde und der Insel Rügen, jedoch dort nicht allenthalben, sondern an vier von einander getrennten Strecken. Die Erscheinung trat nicht zu gleicher Zeit in den verschiedenen Teilstrecken auf, sondern am frühesten, $7^1/_2$ Uhr abends, am Strande von Brunshaupten, zwischen 9 und 1 Uhr nachts zu Travemünde, nach 2 Uhr bei Ahrenshoop, noch später, $3^1/_2$—4 Uhr morgens, bei Rügen. Die Luft war ruhig, doch sah man fast an allen Punkten ein Gewitter fern am westlichen Horizont. „Mitten in dieser Ruhe der Luft und der Meeresfläche“, so schreibt Prof. Credner, „steigt die See nun plötzlich und ohne jede merkbare äussere Ursache zu beträchtlicher Höhe über ihr bisheriges Niveau, so plötzlich, so „mit einem Ruck“, dass die am Strande beschäftigten Fischer nur mit Mühe die Dünen zu erreichen vermögen, ja, mehrere auf der Flucht noch vom Wasser ereilt und umzingelt werden. In seiner ganzen Breite von 30—40 Schritten wird (stellenweise) der Vorstrand überflutet, bis an das Gehänge der Dünen dringen die Gewässer und drohen, dieselben an den schwächeren Stellen zu durchbrechen. Auf offener See wird das Schiff „Capella“ plötzlich mehrere Male zur Seite geschleudert, so dass die Mannschaft aus den Kajüten an Deck stürzt. Noch einmal, an mehreren Stellen zweimal, wiederholt sich mit Pausen von 5—10 Minuten das Anschwellen der Gewässer, und überfluten dieselben den Vorstrand, dann sinkt das Meer auf sein früheres Niveau zurück und liegt platt und ruhig da wie zuvor“. Dies ist in allgemeinen Zügen ein Bild der Erscheinung. Keinerlei Wahrnehmung deutet auf einen Zusammenhang derselben mit Erdbeben, von keinem Punkte der Ostseeumrandung werden Bodenerschütterungen gemeldet. Dagegen ist, wie Credner hervorhebt, das Zusammenfallen mit einem von heftigen elektrischen Entladungen begleitenden Gewitter nicht ohne Bedeutung, besonders da nach Ausweis des Barographen zu Wustrow in derselben Nacht zwischen 2 und 3 Uhr der Luftdruck sprungweise von 756.6 auf 757.5 *mm* stieg und gleichzeitig stürmische Windstösse aus W. einsetzten, die jedoch ganz lokal auftraten. Credner glaubt, dass die Erscheinung mit gewissen abnormen Vorgängen in der Luft — raschem Steigen der nächtlichen Temperatur, sprungweiser Erhöhung des Luftdruckes, Auftreten eines heftigen Gewitters — in ursächlicher Beziehung stehe. Auch die wenigen früheren Fälle, in denen vom Auftreten des „Seebären“ berichtet wird, liefern vereinzelte Andeutungen, dass sich gleichzeitig mit ihnen auffällige atmosphärische Erscheinungen geltend gemacht haben. Die Erscheinung ist nicht lediglich auf die Ostsee beschränkt, sondern mag auch in anderen grösseren Wasserflächen gelegentlich

Digitized by Google

auftreten. So weiss man z. B., dass am 5. Juni 1858 bei Helgoland, Sylt, Kattwyk, Ramsgate, Dover und Folkestone plötzlich eine Flutwelle sich aus dem Meere erhob, welche dem „Seebären“ völlig ähnlich geschildert wird.

Prof. Günther kommt [1]) zu dem Ergebnisse, dass die Seebären des baltischen Meeres kaum etwas anderes sein dürften, als Seiches, wie sie besonders durch die Untersuchungen Forel's am Genfer See bekannt geworden sind Dass diese mit seismischen Erscheinungen nichts zu thun haben, gilt jetzt als erwiesene Thatsache, besonders nachdem 1876 und 1877 die Ufer des Genfer Sees wiederholt von Erdbeben erschüttert wurden, ohne dass der Seespiegel nur die leiseste Schwankung gezeigt hätte. Ph. Plantamour hat nachgewiesen, und unabhängig davon ist Prof. Günther auf die gleiche Vorstellung gekommen, dass das blosse Vorhandensein einer wenn auch starken barometrischen Depression nicht ausreicht, den Seespiegel in stehende Schwingungen zu versetzen, sondern dass eine energische Windbewegung erst hinzukommen muss. Nach seiner Ansicht gehören die sogenannten Seebären, ebenso wie viele andere jähe Sturmfluten, deren Energie schon nach wenigen Anschwellungen sich erschöpft, zu den als „Seiches“ bekannten stehenden Vertikalschwingungen des Spiegels geschlossener Wasserbecken. Cyklonartige Stürme vom Typus der Fallwinde müssen in den bisher näher untersuchten Fällen als die für die Auslösung der oszillatorischen Bewegung massgebende Ursache anerkannt werden, wogegen die ältere an die Stosswirkung seismischer Impulse anknüpfende Hypothese zwar theoretisch nicht verfänglich, mit den praktischen Erfahrungen dagegen, vorläufig wenigstens, unverträglich erscheint.

Damit stimmt auch das Ergebnis von Krümmel, der bezüglich der Wasserbewegung im Euripus zu dem Schlusse kommt, dass Seichesschwingungen, durch Fallwinde ausgelöst, dafür eine genügende Erklärung zu liefern vermöchten [2]).

Die merkwürdige Erscheinung einer plötzlichen Flutwelle ist im Grossen Ozean nichts sehr seltenes. Eine solche Erscheinung hat am 13. März 1888 im Bismarck-Archipel und an der Küste von Neu-Guinea grosse Verwüstungen angerichtet und den Untergang einer deutschen Expedition verursacht [3]). Im Hatzfeld-Hafen an der Küste von Neu-Guinea vernahm man am 13. März 6^h früh ein schussartiges Getöse, und 40^m später kam eine ungeheuere Welle aus Norden, die 2 *m* über die höchsten Flutmarken stieg, dann rasch zurückwich und den Hafen zur Hälfte trocken legte. Darauf begann in Intervallen von 3 bis 4 Minuten ein wechselndes Fallen und Steigen, das bis 9^h anhielt.

[1]) Mitteil. d Geogr. Gesellsch. in Wien 1888.
[2]) Petermann's Mitteil. 1888. p 210
[3]) Nachrichten über Kaiser-Wilhelm-Land und den Bismarck-Archipel 1889. 3. Heft.

Digitized by Google

Erst 6^h abends trat der normale Pegelstand wieder ein. In Kelena, einer Pflanzungsstation bei Kap König Wilhelm, drang um $6^1/_2{}^h$ die erste Welle, von NO kommend, 25 Fuss, die vierte Welle aber 35 Fuss ins Land. Im ganzen wurden 20 Wellen beobachtet, die alle 3 Minuten etwa eintraten. Die Erscheinung dauerte hier nur 1 Stunde bei trübem und windstillem Wetter; am Morgen des 14. März fand man die ganze Küste mit Bimssteinstücken bedeckt. In Matupi wurde von $8^1/_4$ bis gegen 11^h vormittags gleichfalls ein starkes Wechselspiel zwischen Fallen und Steigen des Meeres beobachtet, wobei die See 12 bis 15 Fuss unter die niedrigste Wassermarke zurückwich, bezw. sich über die höchste Flutmarke erhob. Wesentlich wurde nur die Südost- und Nordseite der Insel betroffen. Das Wasser sah trübe aus, der Schlamm war schmutzig. Erderschütterungen oder unterirdisches Rollen wurden nicht gemeldet; das Wetter war heiter, mit einer schwachen Brise aus SO. An der Südseite der Gazellen-Halbinsel wurde die Flutwelle gleichfalls von einem dort vor Anker befindlichen Schiffe wahrgenommen. In Sidney zeigten die Flutkurven des selbstregistrierenden Pegels vom 15., 16. und 17. März starke Abweichungen von der gewöhnlichen Form, und ähnliches wurde dort, ebenso wie in Arica, vom 14. März an längere Zeit beobachtet. An dem letzteren Orte wurde im Hafen sogar ein bedeutender Schaden durch das Einbrechen der Flutwellen verursacht. Jedenfalls hängen diese Flutwellen mit dem oben erwähnten Phänomen zusammen. Der ganze Vorgang macht es nicht unwahrscheinlich, dass in diesem Falle die Welle durch ein Erdbeben verursacht wurde.

8. Grundwasser und Quellen.

Dass alles unterirdische Wasser, mag es nun als Grundwasser oder als Quellwasser in die Erscheinung treten, nur allein unterirdischen Ursprungs ist, wird auch von Daubrée in seinem grossen Werke über die unterirdischen Wasser der Gegenwart festgehalten [1]), ebenso wie dessen Wärme, wo es als Thermen zu Tage tritt, nach demselben Forscher lediglich von der Eigenwärme der Erde herrührt. Ob nun auch in dieser Beziehung vernünftiger Weise keine Zweifel mehr herrschen, so sind doch die Verhältnisse im einzelnen noch bei weitem nicht genügend klar gelegt, und mehrere neuere Untersuchungen haben dankenswerte Aufschlüsse geliefert.

Die Schwankungen im Stande des Grundwassers und besonders auch der Einfluss der Verdunstung auf diesen Stand sind von Prof. Soyka genauer untersucht worden [2]). Nach ihm sind die Schwankungen des Grundwasserstandes direkt eine Funktion der Schwankungen des Regenfalles sowie derjenigen

---

[1]) Daubrée, Les causes souterraines à l'époque actuelle **2.** Paris 1888.
[2]) Penck's geogr. Abhandl. **2.** Heft 3. Wien 1888.

Digitized by Google

der Verdunstung, sofern nicht sein Niveau durch den Spiegel eines benachbarten fliessenden Wassers beeinflusst wird. Da die an Evaporimetern beobachteten Werte der Verdunstung keine reelle Bedeutung besitzen, weil sie nur für eine permanente Wasserfläche, dazu noch von meist kleinem Areal, gelten, so sucht Soyka die Änderung der Verdunstung von Monat zu Monat wie von Jahr zu Jahr durch die Änderung des Sättigungsdefizits zu veranschaulichen. Mit dem Worte Sättigungsdefizit bezeichnet man die Differenz zwischen dem thatsächlich in einem gegebenen Moment beobachteten und dem bei der herrschenden Temperatur überhaupt möglichen (maximalen) Dunstdruck, d. h. dem Dunstdruck der Sättigung. Die Abhängigkeit der Grundwasserschwankung von Regenfall und Verdunstung zeigt sich klar in der Jahresperiode, wie die nachfolgenden Zahlen für München und Berlin lehren.

	München			Berlin		
	Grundwasser über dem Meer 515 *m* +	Regen *mm*	Sättigungsdefizit *mm*	Grundwasser über dem Meer 32 *m* +	Regen *mm*	Sättigungsdefizit *mm*
Januar . . .	0.402	35	0.18*	0.72	40	0.71
Februar . . .	0.417	29*	0.42	0.79	35	0.91
März	0.482	48	0.86	0.88	47	1.55
April	0.501	56	1.84	0.96	32*	2.73
Mai	0.521	78	2.43	0.88	40	3.95
Juni	0.582	112	3.11	0.69	62	5.13
Juli	0.592	112	3.54	0.56	66	5.69
August . .	0.567	102	3.23	0.45	60	4.83
September . .	0.463	72	2.06	0.40	41	3.77
Oktober . .	0.367	54	0.94	0.38*	58	1.72
November . .	0.324*	50	0.41	0.47	44	1.01
Dezember . .	0.352	46	0.22	0.50	46	0.59*
Jahr	0.463	794	1.60	0.64	571	2.71
Amplitude . .	0.268	83	2.36	0.58	33	5.05

Eine Steigerung des Regenfalles hat die Tendenz, den Grundwasserspiegel zu heben, eine solche der Verdunstung, denselben zu erniedrigen. An beiden Stationen wirken Regenfall und Verdunstung einander entgegen, da beide Elemente im Sommer ihr Maximum erreichen. Trotzdem ist die resultierende Grundwasserschwankung ganz verschieden. In München, wo die jährliche Schwankung des Regenfalles gross (83 *mm*), diejenige des Sättigungsdefizits aber (2.36 *mm*) klein ist, folgt das Grundwasser dem Regenfall; anders in Berlin, wo der höchste Grundwasserstand auf die Zeit der Schneeschmelze, der tiefste entsprechend der Verdunstung, doch etwas verspätet, in den Herbst fällt; denn in Berlin ist umgekehrt die Amplitude des Regenfalls klein, diejenige des Sättigungsdefizits gross. Wie München verhält sich unter anderen auch Salzburg (Amplitude des Regenfalls 129 *mm*, des Sättigungsdefizits 2.85 *mm*), wie Berlin dagegen Frankfurt a. M. (48 *mm*, bezw. 4.7 *mm*) und Brünn

Digitized by Google

(49 *mm*, bezw. 5.9 *mm*). Diese Abhängigkeit tritt nun auch klar bei der Änderung des Grundwasserstandes von Jahr zu Jahr hervor. Nur ergiebt sich aus den Zahlen für München und Salzburg, dass im grossen der Niederschlag hier ausschlaggebend ist. Denn derselbe beeinflusst das Sättigungsdefizit in der Weise, dass die regenreichen Jahre durch ein niedriges, die regenarmen durch ein hohes Sättigungsdefizit ausgezeichnet sind. Die Beziehungen des Grundwassers zu den oberirdischen Wasserläufen gestalten sich ganz verschieden, je nach dem Charakter der letzteren. Da sind zuerst die oberflächlichen Gerinne, die entweder Abflüsse von Wasseransammlungen, Seen, bilden, oder durch einen Terraineinschnitt zu Tage getretenes Grundwasser sind, das sich in einem Thälchen abwärts bewegt, dessen Gefälle kleiner ist als dasjenige des Grundwasserspiegels. Derartige Gerinne fliessen oft in einem lockeren, für Wasser durchlässigen Bett hoch oben über dem Niveau des Grundwassers und geben auf ihrem Lauf allmählich Wasser an dasselbe ab. So verliert z. B. der Ausfluss des Starnberger Sees auf einer Strecke von 11 *km* 17 % seines Wassers an das Grundwasser. Von diesen oberflächlichen Gerinnen unterscheidet Verfasser die eigentlichen Flüsse, deren Spiegel fast immer etwas tiefer als der Grundwasserspiegel liegt, und gegen welche hin sich der letztere senkt. Fliesst ein Fluss in einem tief in die undurchlässige Schicht, auf welcher sich der Grundwasserstrom bewegt, eingeschnittenen Bett, so sind die Schwankungen des Flussspiegels ohne Einfluss auf die Schwankungen des Grundwassers. So hat z. B. die Isar bei München ihr Bett durch Erosion von 1869—1885 um 2.8 *m* vertieft, während der Grundwasserspiegel seine Lage beibehalten hat. Befindet sich dagegen ein Flussbett innerhalb des durchlässigen Bodens hoch über der undurchlässigen Schicht, so ändern sich die Grundwasserstände in der Nachbarschaft des Flusses mit jeder Änderung des Flussniveaus.

Die völlige Abhängigkeit des Grundwasserstandes von der jährlich fallenden Niederschlagsmenge ist auch durch Lang nachgewiesen worden[1]). Derselbe findet auch, dass der Einfluss des Niederschlags auf den Grundwasserstand mit der Jahreszeit nach seiner Grösse wechselt, so dass die Herbst- oder Frühlingsniederschläge den Stand des Grundwassers weit beträchtlicher erhöhen als gleich grosse Mengen im Sommer. Dieser mit der Jahreszeit wechselnde Einfluss des Niederschlags lässt endlich in ungezwungener Weise die Ursache erkennen für die übrigens sehr geringe Anzahl der Abweichungen vom Parallelismus im säkularen Verlaufe beider Elemente.

„Wenn man daher“, sagt Lang, „den säkularen Verlauf irgend eines Naturereignisses mit jenem der Hydrometeore ver-

---

[1]) Bayr. Meteorol. Jahrbuch **9.** Heft 4.

Digitized by Google

gleichen will, so ist man nicht genötigt, auf eigentliche Niederschlagsmessungen zurückzugehen, sondern es ist zulässig, an deren Stelle die Beobachtungen von Grundwasserständen treten zu lassen. Ebenso ist der zweite und wahrscheinlich häufigere Fall denkbar und statthaft, dass man den säkularen Verlauf von Grundwasserständen durch jenen von Niederschlagssummen ersetzt."

Das in den Erdboden einsickernde Wasser steht offenbar in einem bestimmten Verhältnis zu den Niederschlägen. Professor Ebermayer hat neue Versuche angestellt, um dieses Verhältnis zu ermitteln[1]. Er liess im Garten der forstlichen Versuchsanstalt zu München den Boden 1.2 *m* tief ausheben und bestimmte 5 Quadrate von je 4 *qm* Fläche, welche durch wasserdichte Scheidewände getrennt wurden. Die Sohle jeder Grube wurde ebenfalls wasserdicht gemacht und mit einer Vertiefung versehen, die alles Sickerwasser nach einem Sammelgefässe leitete. Die 5 Gruben wurden 1 *m* hoch mit verschiedener Erde gefüllt, nämlich 1. mit weissgrauem, grobkörnigem Quarzsande, 2. mit rotem, feinkörnigem Quarzsande, 3. mit reinem, lössartigem Lehm, 4. mit reinem Kalksand, 5. mit schwarzer Moorerde. Ein nebenstehender Regenmesser lieferte die Data über die Quantität der Niederschläge. Die Sickerwasser unter den Gruben wurden täglich gemessen und die Beobachtungen seit 1881 vier Jahre hindurch fortgesetzt. Die Ergebnisse sind folgende:

1. Bei gleicher Zufuhr von Niederschlägen lieferte feinkörniger Quarzsand das meiste Sickerwasser, dann folgte in abnehmender Reihe feinkörniger Kalksand, grobkörniger Quarzsand, lössartiger Lehm und zuletzt Moorerde.

2. Entsprechend der Grösse und Verteilung der Niederschläge war die absolute Sickerwassermenge am beträchtlichsten im Sommer, dann folgte der Herbst, hierauf das Frühjahr und zuletzt der Winter; nur beim lössartigen Lehm sickerte im Frühjahr etwas weniger Wasser in die Tiefe als im Winter.

3. Im niederschlagreichen Jahre 1883 ergaben die Quarz- und Kalksandböden auch das meiste Sickerwasser; beim lössartigen Lehmboden tritt der Zusammenhang der Niederschlagsmenge mit dem Sickerwasser nicht so deutlich hervor, „weil sich in diesem Boden im Laufe der Zeit durch allmähliches Auswaschen von Kalkkarbonat kleine Kanälchen bildeten, welche die Durchsickerung erleichterten und von Jahr zu Jahr eine Zunahme der Sickerwassermenge veranlassten". Beim Moorboden floss im ersten Jahre viel mehr als in den folgenden Jahren.

4. Im Verhältnis zur Niederschlagshöhe waren die Sickerwassermengen bei allen Bodenarten im Winter am grössten (da der Wasserverlust durch Verdunstung am kleinsten ist). Das

[1] Forschungen auf d. Gebiete der Agrikulturphysik **13.** p. 1 ff 1890.

Digitized by Google

Minimum der relativen Abflussmenge fiel bei den Quarzsand- und Lehmböden auf das Frühjahr, beim Kalksand- und Moorboden auf den Sommer.

5. Die auffallendste und wichtigste Thatsache war, dass beim Lehm- und Moorboden der Wasserabfluss stets beträchtlich geringer war, als die Niederschlagshöhe, während bei allen feinkörnigen Bodenarten, insbesondere im Winter, mehr Wasser absickerte, als durch Niederschläge zugeführt wurde. So lieferte namentlich der feinkörnige Quarzsand im Winter um 29%, im Sommer und Herbst um 4%, im Jahresdurchschnitt um 7% mehr Wasser, als er von oben erhielt; bei feinkörnigem Kalksand kam diese Erscheinung nur im Winter vor, beim grobkörnigen Quarzsand nur im Winter der beiden letzten Jahre. Die Ursache des Überschusses der Sickerwasser gegen die Niederschläge, welchen die feinkörnigen Böden besonders im Winter zeigten, erblickt Ebermayer in der Kondensation von atmosphärischen Wasserdämpfen im Boden. Diese Kondensation findet in dem kälteren Boden statt, wenn die Luftzirkulation im Boden am lebhaftesten und die Abkühlung am grössten ist.

Die Grubenwasser in einigen Kohlenbergwerken des Departements Bouche du Rhone sind bezüglich ihres Zusammenhanges mit den Regenfällen von Darodes untersucht worden[1]). Bei dem ersten Regen, der auf die Trockenzeit folgt, also demjenigen des August und September, wird das Wasser grösstenteils von der Ackerkrume oder den etwas schwammartigen Felsen zurückgehalten, welche es danach nur langsam wieder abgeben. Die Bäche fliessen schwach, und ihr Einfluss ist im Bergwerk kaum zu spüren; kaum, dass das natürliche Sinken der Wasserspiegel dadurch aufgehalten wird. Wenn sodann die reichlichen Regen des Oktober und November eintreten, fallen sie, im gebirgigen Teile der Gegend, auf bereits gesättigtes Kalkgestein, welches entweder nackt oder mit einer dünnen Decke von Pflanzenerde bedeckt ist; die Wasser fliessen sehr rasch auf der Oberfläche ab, indem sie Bäche oder, richtiger, Bergströme bilden, Nebenflüsse des Arc, welche natürlich die Haupt-Dislokationslinien verfolgen, längs deren die Zerstörung der oberflächlichen Gesteine durch die atmosphärischen Einflüsse am leichtesten war. Aber der grösste Teil des Wassers verschwindet im Boden durch die Spalten, welche es auf seinem Wege findet, und welche die Bildung der Erosionstrichter bedingt haben. Diesen Spalten und Erosionskanälen folgend, beginnt das Wasser im Bergwerk 24 bis 36 Stunden nach dem Regen anzulangen. Die kleinen Quellen des östlichen Teiles, welche von den Bächen der Umgegend von Trets kommen, beginnen am frühesten zu fliessen, denn die Berg-

---

[1]) Bulletin annual de la Commission méteorolog. du départ. Bouche du Rhone 1886. p. 113. Auszüglich in Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 80.

Digitized by Google

kette des Olympe, welche nach dem Arc zu in steilen Kalkwänden abfällt, mit Ausläufern, die von Thonen und Sanden bedeckt sind, sendet nur sehr wenig Wasser in die Minengegend; nur in der Ebene von Kierbon giebt es eine nennenswerte Menge. Sodann kommen einige Stunden später die Quellen des Südostens, welche viel reichhaltiger und andauernder sind. Wenn der Regen stark war, so erreicht der Wasserzufluss im allgemeinen in 24 Stunden sein Maximum und nimmt darauf rasch ab; nach schwachen, aber häufigen und langdauernden Regen ist der Zufluss langsamer, aber er wächst dann allmählich während eines Zeitraumes, der sich über vier und fünf Tage erstrecken kann. Im übrigen sind die veränderlichen Elemente, von denen diese Zuflüsse und ihre Wirkungen in der Mine abhängen, offenbar: der Feuchtigkeitszustand des Bodens, die Wasserstandsverhältnisse der Jahreszeit, die Stärke und Dauer des Regenfalles, die Fläche, auf welche er sich erstreckt hat, und die der Gegend, wo er sein Maximum erreicht hat. Die Regen des Frühjahres, welche von jenen des Herbstes durch eine relative Trockenheit im Dezember oder Februar getrennt sind, verhalten sich ebenso, die Wirkungen sind proportional ihrer Intensität.

Über die Hydrologie der Teplitzer Thermalquellen hat sich W. Waagen verbreitet[1]). Nach Stelzner durchsetzen die Teplitzer Thermen auf einigen jener grossen Verwerfungsspalten, die durch die Absenkung des südlichen Flügels der Erzgebirgsfalte aufgerissen worden sind, den Porphyr und verästeln sich in der Nähe der oberen Grenze desselben in die feineren Klüfte des Gesteines. Eine zu weit gehende Aufsaugung der Thermen durch das Nebengestein wird durch die von Tage aus eindringenden wilden Wässer verhindert, wobei es auf den zarten Gesteinsklüften zu einer Stagnation der Tagewässer auf den abgegrenzten und inmitten der kälteren Umgebung sich rasch abkühlenden Thermalwässern kommt. Die Grundwässer von Teplitz und Umgebung stagnieren aber andererseits auf der Grenze zwischen Porphyr und den diesen wie ein Mantel umlagernden Plänerschichten; sie lösen daselbst das kalkige Bindemittel des Porphyrkonglomerates (tiefste Zone der cenomanen Etage des Pläners) unter Rückstand losen Porphyrgerölles, anderorts den kalkigen Pläner unter Hinterlassung lettiger Massen auf. So entstanden Höhlungen, die sich mit Tagewässern anfüllen, und diese waren es, welche zunächst bei der letzten Schachtkatastrophe ihr Wasser in die Grubenräume ergossen. Da sie durch ein Spaltensystem mit den Quellen von Teplitz in Verbindung stehen, so konnten zunächst die Grundwässer von dort nach der Einbruchsstelle abfliessen und vermochten nun nicht mehr die auf Nebenklüften verästelten Thermen zusammenzuhalten, sondern wirkten im

[1]) Technische Blätter **20.** 3. Heft.

Digitized by Google

Gegenteil aufsaugend auf dieselben, so dass diese nun ebenfalls nach der tief gelegenen Einbruchsstelle ihren Abfluss nahmen.

Von dieser Auffassung Stelzner's unterscheidet sich die Ansicht Stur's wesentlich dadurch, dass das Thermalwasser nicht als ein aus der Erdtiefe aufsteigender Strom betrachtet wird, sondern als das Porphyrgrundwasser, welches durch Exhalationen (besonders Kohlensäure) erwärmt und bewegt wird.

Dagegen gelangt Waagen in Hinsicht auf die Wechselbeziehung zwischen Thermen und Bergbau im allgemeinen zu ähnlichen Resultaten wie Stelzner. Er erörtert aber ausserdem die interessante Frage nach der ursprünglichen Herkunft der Teplitz-Schönauer Thermalwässer. Schon Laube hat auf Grund der Anwesenheit von Lithion und Huminsubstanzen die Ansicht geäussert, dass die Wässer vom Erzgebirge kommen und dem dortigen Glimmer das Lithium entziehen, ein Element, das im Porphyr gänzlich fehlt. Waagen macht nun auf andere Momente aufmerksam, die ebenfalls auf das Erzgebirge hinweisen. Da, wo das Spaltensystem, auf dem der Porphyr und Granitporphyr zwischen Altenberg und Teplitz emporgedrungen, sich schneidet mit dem Spaltensystem längs des Südfusses des Erzgebirges, steigen nach Suess' und des Verfassers Ansicht die Thermen empor. Das Niederschlagswasser sinkt von der Höhe des Gebirges an der Grenze des Porphyrs in die Tiefe, erreicht die alte Eruptionsspalte, dringt nach Süden bis Teplitz vor, woselbst sich ihm ein Hindernis in den Eruptivmassen des Mittelgebirges entgegenstellt, welche die nordsüdlich gerichtete Eruptionsspalte des Porphyrs verstopfen. Die Wässer wenden sich nach oben, erreichen ein zufällig den Porphyr durchsetzendes Spaltensystem und treten so aus diesem zu Tage. Das nötige Speisewasser gelangt zu den Thermen nicht durch den Porphyr, sondern diese Zufuhr muss in grossen Tiefen unter der Porphyrdecke stattfinden. Der nicht unbeträchtliche Gehalt der Thermen an Strontium und Kohlensäure weist nach Waagen auf das Mittelgebirge hin (die Basalte und Phonolithe enthalten Spuren von Sr, die daselbst vorkommenden Aragonite grössere Mengen). „Die einfachste Erklärung für diese Erscheinung ist wohl die, dass in der Tiefe, in welcher die Porphyr-Eruptionsspalte das Mittelgebirge erreicht, noch ein nicht ganz abgekühlter vulkanischer Kern vorfindlich sei, mit dem das auf der Porphyrspalte zirkulierende Wasser in Berührung kommt, und von dem es mit Kohlensäure und Strontium versehen wird, zugleich eine bedeutende Temperaturerhöhung erlangend."

Diese Erörterungen erinnern an die Auffassung Gümbel's über die Karlsbader Thermen, deren 50mal grösserer Gehalt an Natronsalzen gegenüber den Kalisalzen in Verbindung mit ihrer hohen Eigenwärme zu der Vorstellung dränge, dass jene nicht ein Auslaugungsprodukt des Granits (mit 4 % K gegen 3 % Na) darstellen,

Digitized by Google

in dem die Thermen auftreten, sondern dass sie von einem basaltähnlichen Eruptivgestein abstammen, welches, nicht bis zur Oberfläche vorgedrungen, in der Tiefe noch einen hohen Grad seiner ursprünglichen Schmelzhitze bewahrt hält, wovon es eine im Vergleich zu seiner Masse und seinem Vorrat verhältnismässig geringe Menge nach und nach an die bisher auf feinsten Spalten beiziehenden Gewässer abgiebt [1]).

Über die Herkunft der Emser Quellen hat Dr. Stapff Untersuchungen angestellt [2]). Seine Ergebnisse sind folgende:

„Die Emser Thermalwässer steigen aus der Tiefe entlang WSW gerichteten Hauptspalten und verbreiten sich im Quellgebiet auf denselben und nach NNW streichenden Querspalten, sowie nach NE—SE verlaufenden Schichtfugen und permeabelen Schieferschichten. Hauptspalten und Querspalten gehören Kluftsystemen an, welche der Thermalmulde und der Gangmulde gemeinsam sind, und zwar erscheinen die Hauptspalten die jüngsten, die an und für sich älteren Querspalten aber zum Teil nachmals wieder aufgerissen. Zum System der Querspalten gehören gewisse Quarz- und Erzgänge, namentlich der hier vor allem in Frage kommende Neuhoffnungsstollengang, welcher gegen das Quellgebiet gerichtet ist, während gleichsinnige Gangtrümmer aus diesem gegen den Neuhoffnungsgang streichen. Aus der Zusammensetzung der „Eisenquelle“ hinter den „4 Jahreszeiten“ geht hervor, dass Klüfte, welche das Emser Thermalwasser herbeiführen, den Hauptsattel zwischen Thermalmulde und Gangmulde durchdringen. Gleichzeitig zeigt diese Quelle, dass Mineralwässer, welche den Emsern sehr unähnlich sind, dennoch aus der Mischung mit solchen hervorgegangen sein können. Zu Ende der Diluvialzeit zirkulierten die Thermalwässer durch die bezeichneten Spalten sowohl in der jetzigen Thermalmulde als in der Gangmulde, und ihr Abfluss wurde beim Einschneiden der jetzigen Thäler tiefer und tiefer verlegt, bis er in dem jetzt am tiefsten aufgeschlossenen Punkt des Quellapparates, nämlich in dem Emser Quellgebiet, anlangte. Würde ein noch tieferer Ausgangspunkt hergestellt, so würde sich diesem der Abfluss zuwenden, falls die Wege dahin noch offen sind. Einen solchen tieferen Austrittspunkt stellen eventuelle Tiefbaue unter der Sohle des Stadt- und Neuhoffnungsstollens dar. Für Offenheit der Klüfte dahin sprechen verschiedene Indizien an der Oberfläche (klaffende Klüfte, Runsen, Mangel an Quellen und Bächen), sowie das Verhalten der betr. Klüfte etc. in der Grube. Die Wasserschwelle zwischen zwei gleich hoch an den entgegengesetzten Gehängen des durchlässig gedachten Berges belegenen Abflusspunkten, welche beiderseitig unter dem lokalen Wasserkegelwinkel abdacht, wird durch Eintreiben eines

[1]) Referat i. d. Sitzungsber. d. Isis 1889. p. 6.
[2]) Schreiben an die Direktion der König-Wilhelm-Felsenquellen.

Digitized by Google

Stollens erniedrigt, und mit ihrer Senkung vermindert sich der Aufstau des am gegenüberliegenden Gehänge hervortretenden Wassers, also auch dessen Abflussquantum. Selbst ein Stollen, welcher nicht unter dem Niveau des Quellpunktes angesetzt ist, kann also vom ersten Beginn an die gegenüberliegende Quelle schwächen, schliesslich zapfen. Gesenke unter dem Stollenniveau beschleunigen nicht nur diesen Vorgang, sondern übertragen ihn auch auf tiefer und vom Berggehänge weiter ab liegende Quellen."

Die merkwürdigen Mineralquellen von Crausac sind von A. Carnot auf die Zusammensetzung ihrer Wasser untersucht worden [1]. Während gewöhnlich die Mineralquellen aus grösserer Tiefe stammen, finden die Quellen von Crausac die Ursache zu ihrer Mineralisation nur wenig unter der Erdoberfläche. Die Quellen treten in dem Crausacthale am Fusse oder an den Abhängen von Bergen zu Tage, wo mächtige Schichten von Steinkohle, überlagert von bituminösen und pyrithaltigen Schiefern sich befinden. Der Abbau der Kohlen hat stellenweise Bodensenkungen veranlasst, und in der Kohle und den Schiefern sind Brände entstanden, welche die benachbarten Schichten kalciniert haben. Man bemerkt in einiger Entfernung oberhalb der Quellen rote, mit Eisenoxyd imprägnierte Erdstreifen, welche man als Erdbrand bezeichnet, und stellenweise auch Entwickelung von Dämpfen. Die meteorischen Wässer, welche durch diese Schichten filtrieren, beladen sich mit Mineralbestandteilen. Der Reichtum der Quellen an Wasser wird durch Regen, Schnee und Trockenheit beeinflusst.

Die Salzquellen Ungarns sind von Dr. S. Fischer, gestützt auf amtliches Material, studiert worden, besonders in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung [2]. Es ergab sich, dass in Ungarn 282 Ortschaften sind, bei denen sich salzhaltige Quellen oder Brunnen befinden. Das dichteste Wasser (1.2065) mit 26.74 % fixer Bestandteile hat der Salzbrunnen von Nagy-Demeter im siebenbürger Komitat Bistritz. Die Wasser der ungarischen Salzquellen enthalten meist Eisen, Kalk und Magnesium. Jod und Brom fanden sich in den Quellen von 64 Orten. Die Wassermächtigkeit der Salzquellen in einigen Komitaten Siebenbürgens und der Marmaros ist sehr bedeutend. Diese Quellen liefern jährlich über $8\frac{1}{2}$ Millionen Kilogramm fester Bestandteile. Die wichtigste und nördlichste dieser Quellen ist bei Polhora im Komitat Arva, die südlichste bei Czodt im Komitat Hermannstadt.

Die Mineralquellen Bosniens hat E. Ludwig bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung studiert [3].

---

[1]) Compt. rend. **8.** p. 192. Chem. Centralblatt 1890. **2.** p. 467.
[2]) Mitteilgn. der Ges. für Erdkunde zu Wien 1888. p. 118.
[3]) Chem. Centralblatt 1890. **2.** p. 468.

Digitized by Google

9. Flüsse.

Die Bezeichnung Hauptfluss oder Nebenfluss erscheint in den Namen unser Ströme keineswegs nach einem erkennbaren, überall durchgeführten System erfolgt zu sein. Wisotzki weist dies in einer besonderen Schrift[1]) im einzelnen nach und führt des Genaueren aus, welche Eigenschaften einen Fluss berechtigen, als Hauptfluss zu gelten. Hierzu muss man nach dem Verf. das ganze Stromsystem in jedem einzelnen Fall in Betracht ziehen und feststellen, welcher von den Flussläufen desselben sich von allen anderen durch seine horizontale und vertikale Stellung unterscheidet. Im einzelnen lassen sich wohl treffende Beispiele zu Gunsten dieses Prinzips beibringen, allein manche Flüsse zeigen sich dieser Klassifizierung gegenüber widerspenstig. Unserer Ansicht nach ist es verfehlt, überall nach einem Schema Hauptfluss und Nebenfluss unterscheiden zu wollen; auch liegt, offen gesagt, nicht viel daran, und praktisch hat der Sprachgebrauch die Frage ein für alle mal längst entschieden.

Über die Wasserstandsbewegung in den Flüssen hat E. Faber Betrachtungen angestellt[2]). Er betont, dass in allen Fällen die Temperatur bestimmend für den mittleren jahreszeitlichen Gang der Wasserstandsbewegung in offenen Gerinnen ist. „Im Hochgebirge wirkt dieselbe vorherrschend durch ihren Einfluss auf die Verteilung der Niederschläge in fester und flüssiger Form, auf die Aufspeicherung und Abschmelzung der Schneemassen. Der Gang der Wasserstandsbewegung folgt hier dem Gange der Temperatur.

Im Mittelgebirge, Hügel- und Flachlande bestimmt die Temperatur den Gang der Wasserstandsbewegung vorwiegend durch ihren Einfluss auf den Grad der Aufnahmefähigkeit und Durchlässigkeit des Bodens. Je niedriger die Temperatur, je geringer also die Verdunstung und je stärker die Frostwirkung, desto günstiger gestalten sich die Bedingungen für den oberirdischen Abfluss: Wasserstand und Temperatur zeigen deshalb in ihrem mittleren, jahreszeitlichen Gange entgegengesetztes Verhalten.“

Die schroffen Wechsel der Wasserführung, das Auftreten höherer Anschwellungen, der Einbruch verheerender Fluten entspringt dem oberirdischen Zufluss der Tagewasser. Im allgemeinen kann man hierbei annehmen, dass sich aus der Gestaltung der Bodenoberfläche, also aus der Gliederung des Flussgebietes, aus den Neigungen der Gehänge und den Gefällen der Flussgerinne ein zutreffenderes Urteil über die Art, wie sich ein Hochwasservorgang vollzieht, gewinnen lässt, als aus der geologischen Beschaffenheit des Gebietes, dass aber letztere um so mehr in

---

[1]) Hauptfluss und Nebenfluss. Halle 1889.
[2]) Gaea 1890 Heft 3 u. 4.

Digitized by Google

den Vordergrund tritt, je mehr die Oberfläche des Gebietes sich verflacht. Da das feste Gestein in der Regel von einer mehr oder minder mächtigen lockeren Verwitterungsschicht bedeckt ist, nur selten also zu Tage tritt, so kommt beim Ablauf der Niederschläge die Aufnahmefähigkeit und Durchlässigkeit desselben erst dann zur Geltung, wenn der lockere Boden gesättigt ist, und derselbe nun den Wasserüberschuss zum festen Grundgestein leiten kann. Somit spielt also vor allem der Zustand der obersten Bodenschicht, also der Grad der Verwitterung des Gesteins in den verschiedenen Punkten seines Auftretens, der Grad der Einschlemmung des Bodens, dann der Grad seiner Vermengung mit quellungsfähigen Massen, bei den Abflussvorgängen eine Rolle. Dieser Zustand lässt sich jedoch nach der Kenntnis des geologischen Aufbaues, nach Angaben auch der besten geologischen Karten, zumal bei einem grösseren Wechsel der Formationen, nur in beschränktem Masse beurteilen, wobei übrigens eine derartige Beurteilung doch nur für den pflanzenlosen Boden ihre Berechtigung hätte oder wenigstens doch nur da, wo nicht gerade Wiese oder Wald, dichtes Moos und Streuwerk den Boden bedeckt hält. In den allermeisten Fällen ist deshalb eine Höhenschichtenkarte ein weitaus besseres Hilfsmittel zum Studium der Wasserstandsbewegung, als eine noch so weit ins einzelne gehende geologische Karte.

Als Grundlage aller gewässerkundlichen Forschungen hat vor allem eine Darstellung der Oberflächenform des Gebietes und des Zustandes der Wasserläufe in eingehendster Weise zu erfolgen, ferner eine Darstellung der Beschaffenheit des Bodens und seiner Bewirtschaftung Die Beobachtungen der Witterungserscheinungen, namentlich der Niederschläge und des Verhaltens der Schneedecke an möglichst zahlreichen Orten, die Beobachtungen über die Bewegung des Grundwassers und des Wassers in den offenen Gerinnen,[1]) die Bestimmungen der Abflussmenge aus den Quellen und der Durchflussmenge in den wasserführenden Bodenschichten und in den offenen Gerinnen ergeben sodann einen sicheren Massstab zu vergleichenden Untersuchungen in den einzelnen Gebieten. Erst die Summe all dieser Darstellungen, Messungen und Beobachtungen setzt uns in den Stand, den Grad der Aufnahmefähigkeit und Durchlässigkeit eines Gebietes zu bestimmen und all die Ursachen, welche eine Anschwellung bewirken, nach ihrem gegenseitigen Verhältnis bemessen zu können.

[1]) Bestimmungen betr die Beobachtungen und Aufzeichnungen über das Auftreten und den Verlauf der Anschwellungen in den grösseren Gewässern des deutschen Rheingebietes Aufgestellt von d. Centralbl f. Meteorologie u. Hydrographie in Karlsruhe i. B. Centralbl d. Bauverwalt. Berlin 1886. p. 507—510. Über die Beobachtung und Untersuchung der Hochwasserverhältnisse in den preuss. Stromgebieten. Centralbl. d. Bauverwalt Berlin 1889. p. 123—124.

Digitized by Google

Solche Daten liegen aber bis heute noch für keinen Strom in ausreichendem Masse vor, weshalb die Lösung der wichtigen wasserwirtschaftlichen Fragen zur Zeit noch fester Grundlage entbehrt. Am meisten in dieser Beziehung ist noch das Stromgebiet der Seine erforscht, wie Belgrand in seinem berühmten Werke näher nachweist [1]).

Zur Beurteilung vermuteter Veränderungen in der Menge des Niederschlages über grössere Gebiete hat man bisweilen die Abflussmengen und selbst die Pegelstände von Flüssen herbeigezogen, welche solche Gebiete durchfliessen. W. Ule weist nun an einer Anzahl bestimmter Beispiele nach [2]), dass bei Strömen Veränderungen im Betrage der Abflussmenge keineswegs durch eine Abnahme oder Zunahme des Niederschlages in dem zugehörigen Stromgebiet verursacht zu sein brauchen, dass vielmehr diese auch nur durch Änderungen in der Beständigkeit und in der zeitlichen Verteilung der klimatischen Konstanten hervorgerufen werden können. „Im Jahre 1884 betrug die als Regen gefallene Wassermenge des Entwässerungsgebietes der Saale bis zu ihrem Eintritt in die norddeutsche Tiefebene bei Cönnern 11791 Millionen Kubikmeter — ermittelt aus 45 Stationen —, wovon nicht ganz der dritte Teil, nämlich 3239 Millionen Kubikmeter, in der Saale zum Abfluss kam. Die Niederschlagsmenge des Jahres 1886 war nur um 1 % geringer, sie belief sich auf 11667 Millionen Kubikmeter; davon flossen aber in der Saale nur 2895 Millionen Kubikmeter ab, so dass also die Wassermenge des Flusses im letzteren Jahre um nahezu 14 % der des Jahres 1884 nachstand. Die Ursache dieser Abweichungen in der Wasserführung sind bei einer Betrachtung der Wasserstandskurven für die genannten Jahre gewiss mit Recht darin zu suchen, dass 1884 viel häufiger als 1886 durch heftige Regengüsse stark ansteigende Hochwasser eingetreten sind.

Ule weist auch darauf hin, dass die Thatsache, ob einem starken oder heftigen Regenguss eine längere Trockenperiode vorausgegangen ist oder nicht, für die Grösse des Abflusses von Belang ist. „Denn ein ausgetrockneter Boden saugt einen weit grösseren Teil des gefallenen Regenwassers in sich auf, als ein bereits durchnässter; von diesem wird ein Regenguss fast ganz zum Abfluss gelangen. Während des Juni 1886 hatte es fast täglich geregnet; als nun am Ende dieses Monates noch ein etwas heftigerer Regen eintrat, stieg am 2. Juli die Wassermenge pro Sekunde in der Saale bei Cönnern auf 138.8 *cbm*. Darauf folgte eine etwa achttägige Trockenperiode, innerhalb welcher die Wassermenge in der Sekunde auf 70.6 *cbm* herabsank. Als daher

[1]) Belgrand La Seine-Régime. Paris 1873.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1890. p. 127 u. ff.

Digitized by Google

am 8., 9. und 10. Juli sich wieder im ganzen Stromgebiet ein bedeutender Regen einstellte, der den Regenfall vom Ende Juni fast um das Doppelte übertraf, erhob sich doch die Wassermenge der Saale am 13. Juli vorübergehend nur auf 164.8 *cbm*.

„Den grössten Einfluss auf die Wasserführung der Flüsse übt die jahreszeitliche Verteilung des Niederschlages, wenigstens in den Gegenden mit andauernder Frostperiode aus. Denn der Abfluss des Regens im Winter ist bei uns fast um das Dreifache grösser als der des Sommers. In der Saale beträgt die Abflussmenge in Prozenten des Niederschlages im 15jährigen Mittel (1872—1886) während des Winters — November bis April — 51 % während des Sommers — Mai bis Oktober — dagegen nur 17.3 %. Die jährlichen Abflussmengen eines Flusses (also auch der mittlere Pegelstand) spiegeln also mehr die winterlichen als die sommerlichen Niederschlagsverhältnisse ab".

Die Ungleichseitigkeit der Flussufer, welche sich bei vielen grösseren und kleineren Flüssen findet, tritt nach den Karten der Geologischen Landesuntersuchung auch in Sachsen sehr auffallend hervor. Dr. Rucktäschel hat sich hierüber eingehend verbreitet [1]) und betont, „dass in Sachsen viele Bäche immer nur auf der einen Seite eine steile Böschung haben, während die andere Thalseite auf weite Erstreckung flach und mit altem Flusssand und Lehm bedeckt ist, und zwar sind merkwürdiger Weise immer nur die Ost-, Nordost- und Südostufer steil, seltener die Nordufer". „Die bisher angeführten Erklärungsweisen, sagt er, genügen für einzelne bestimmte Fälle, nicht aber für das scharenweise Auftreten von östlichen Steilgehängen. Diese letzteren müssen eine allgemeine Ursache haben, das sind die vorherrschend von Westen kommenden Regenwinde. Die Wirkung dieser Westwinde, welche oft fürchterliche Regengüsse gegen die östliche Thalwand schleudern, ist ganz bedeutend. Konglomerate, Sande und Lehm werden oft in unglaublicher Menge von dem östlichen Ufer herabgeführt. Nur an den vom Wald geschützten Teilen geht die Zerstörung langsamer vor sich".

Die grössere erodierende Kraft des Regens an der Windseite jedes Rückens wird von Rucktäschel auf die grössere Regenmenge eines solchen Abhanges zurückgeführt. Der Einfluss des Windes auf die Gestaltung der Flussufer ist überhaupt bis jetzt noch viel zu wenig gewürdigt worden. Am eingehendsten hat sich St. v. Vilovo damit beschäftigt [2]) in einer Untersuchung über das seitliche Rücken der Flüsse. Er sagt daselbst:

„Die erste und ursprünglichste Kraft entsteht zufolge der stetig währenden Verwitterung und Abschürfung der Felswände und der Hinabspülung dieses Gerölles und Geschiebes im Bette

[1]) Petermann's Mitteilungen 1889. 9. Heft.
[2]) Mitteilungen der geogr. Gesellsch. in Wien. **24.** p. 167—187.

Digitized by Google

der Nebenflüsse in die Flanken des Hauptthales. Diese Arbeit der Verwitterung und des Hinabrutschens der Geschiebe findet im Hochgebirge in viel höherem Masse an den der Mittagssonne und täglich sich wiederholendem Auftauen ausgesetzten Abhängen statt, als an den nach Norden gewendeten, und darum werden Flüsse, die nach Osten oder nach Westen fliessen, durch Muhrenbildung vorwiegend südwärts gedrängt".

„Die zweite Kraft, welche die Flüsse zum seitlichen Rücken zwingt, ist der herrschende Wind, der im Frühling zur Zeit des Hochwassers wochenlang und stetig Welle auf Welle gegen das entgegengesetzte Flussufer wälzt, dieses annagt, unterwäscht und so Streifen für Streifen Landes in die Fluten reisst".

„Diese Kraft erkennen wir unzweideutig aus den Karten: sie wirkt ebenso gegen den Donaulauf in der Strecke von Budapest bis Semlin, wie gegen die Theiss von der Mündung der Szamos bis zur Mündung des Bácser Franzens-Kanales, als auch gegen die Temes, östlich der Theiss-Mündung".

„Am nachhaltigsten ist die Kraft des von Südosten wehenden Windes im Frühjahr beim höchsten und im Herbst beim kleinsten Wasserstande. Die Serben nennen ihn Koschava, die Rumänen Krivatz (der von der Krim herkommende); auch im Lim-Gebiete heisst er so".

Ausser diesem stetigen findet auch gelegentlich ein sprungweises Seitwärtsrücken des Flusses unter Mitwirkung des Windes statt, mittels Durchbruchs der Landzungen zwischen den Flusswindungen, wovon v. Vilovo einige Beispiele durchnimmt. Er fährt dann fort:

„Derselbe Wind übt noch in anderer Weise seine Kraft gegen die Flüsse aus: durch Zufuhren von Sandmengen und Verschütten eines Flussbettes einseitig von der Windseite".

Das sogenannte Baer'sche Gesetz, demzufolge die ablenkende Wirkung der Erdrotation bei den in Meridianrichtung fliessenden Strömen sich durch ein hohes rechtes und ein flaches linkes Ufer bemerkbar machen sollen, erscheint hiernach auf die vorwiegende Windrichtung zurückgeführt.

Der nicht seltene Parallelismus im unteren Laufe eines Nebenflusses mit dem Laufe des Hauptstromes ist von verschiedenen Geographen hervorgehoben worden, und man hat in dieser Beziehung auf die Zuflüsse des Rheins in der oberrheinischen Ebene und auf den Po hingewiesen. Zur Erklärung weisen Reclus und Peschel darauf hin, dass in dem ruhigen Wasser, welches durch den Zusammenstoss der beiden Strömungen sich bilden muss, Ablagerung der Sinkstoffe beider Flüsse eintritt, auf der aufwärts gelegenen Seite der Mündung die Halbinsel zwischen den Flüssen also wächst, während eben dadurch gleichzeitig der Nebenfluss gegen sein anderes Ufer gedrängt

Digitized by Google

wird, dieses stärker benagt und so die Mündungsstelle stromabwärts verschiebt.

Dies entspricht in manchen Fällen gewiss der Thatsache, allein zu welchen Irrtümern in dieser Beziehung ein Generalisieren und Demonstrieren auf Grund eines Kartenbildes führen kann, zeigt L. Henkel an dem Beispiele der Elbe [1]) und ihrer Nebenflüsse Ohre, Ehle und Sülze. Der Lauf der ersteren von Wollmirstedt bis zu ihrer heutigen Mündung gehörte ursprünglich gar nicht diesem Flusse an, sondern ist ein altes Elbbett. Im frühen Mittelalter lag die Ohremündung bei Wollmirstedt. Später wandte sich der Hauptstrom ostwärts, aber das alte Bett zwischen Magdeburg und Wollmirstedt wird als „kleine Elbe" noch 1617 erwähnt und noch heute vom Schrotebach, der in die Ohre mündet, benutzt. Die Ehle auf der rechten Elbseite ergiesst ihr Wasser oberhalb Biederitz in ein Bett, das als toter Elbarm noch deutlich erkennbar (auch im Namen) ist. Ein weiteres Beispiel gewährt die Sülze, ein Bach, dessen umgebogener Lauf von Salbke bis Buckau ebenfalls in dem Bett eines alten Elbarmes liegt, der noch 1617 vorhanden war. Henkel hat ganz Recht, wenn er für das Umbiegen von Nebenflüssen in paralleler Richtung mit dem Hauptstrom ausser der Reclus-Peschel'schen Erklärung als ebenbürtig auch die Benutzung des alten Bettes eines Hauptstromes durch den Nebenfluss stellt und davor warnt, jene obige Theorie nicht unbesehen nur auf Grund des Kartenbildes anzuwenden.

Das Delta der Newa ist nach den Mitteilungen Venukoff's [2]) von 1743—1889 um 405 *ha* an Grösse gewachsen. Daneben fand allerdings und beständig eine Erhöhung des Bodens durch Aufschüttungs-, Kanalisationsarbeiten u. dergl. statt. Dieser Zuwachs von 405 *ha* ist sehr gering; er erklärt sich aber ohne weiteres daraus, dass die Newa nur wenige Meilen oberhalb ihrer Mündung aus dem Ladogasee austritt, in dem alle Alluvien der Zuflüsse zurückbleiben. Doch ist, geologisch gesprochen, die Zeit nicht mehr fern, wo die Mündung der Newa bis an das Westende von Kotlin-Ostrow, auf welcher Insel Kronstadt liegt, vorgerückt sein wird. Die Vergrösserung des Deltas geht vorzüglich in seinem nördlichen Teile vor sich, wo die grosse und die kleine Newka und die kleine Newa nahe nebeneinander münden. So hat sich Wassilij-Ostrow in jener Zeit um 175, Peterburgskij-Ostrow um 76 *ha* vergrössert. Daneben sind hier auch noch einige kleine Inseln entstanden, so Jadimerovskij-Ostrow mit einer Oberfläche von 11 *ha*. Die Bildung weiter Untiefen von nur 1 *m* über einer Fläche von 1133 *ha* deutet den Umfang der zunächst zu gewärtigenden Verlandung an. Ebenso füllt sich

[1]) Petermann's Mitteil. 1889. p. 176.
[2]) Mitteilungen der geogr. Gesellsch. in Wien 1890. Heft 3. p. 190.

Digitized by Google

allmählich die ganze Lagune zwischen Kronstadt und Petersburg mit Sand und Schlamm. Im Norden der Lagune wird dieser Prozess noch dadurch gefördert, dass man hier beständig Kiesel und andere Materialien ins Wasser wirft, um die Passage für Kriegsschiffe zu sperren.

Die submarine Fortsetzung des Flussbettes, welche beim Kongo längst bekannt war und zu den verschiedenartigsten Deutungen Veranlassung gab, ist neuerdings auch im Genfersee beim Einflusse der Rhone und im Bodensee beim Rhein erkannt worden[1]. Die vom schweizerischen topographischen Bureau ausgeführten Lotungen haben ergeben, dass sich 6 *km* über der Rhonemündung hinaus eine bis zu 50 *m* tiefe Einsenkung in den Genfersee zieht, und zwar eingefurcht in die Oberfläche des submarinen Anschwemmungsdeltas und mit ziemlich steilen Ufern abfallend. Beim Rheine ist ein ähnliches submarines Bett im Bodensee 4 *km* breit und bis zu 70 *m* tief, bei 600 *m* Breite aufgefunden worden. Für die Rhone hat Forel neuerdings eine Erklärung gegeben, dahin, dass das Rhonewasser, weil schwerer als dasjenige des Genfer Sees, deshalb submarin seinen Lauf in der Richtung des grössten Gefälles noch eine Zeit lang fortsetzen müsse.

Die Entwickelung des Flusssystems der Elbe vor und nach der Eiszeit ist von Dr. E. Mehnert beleuchtet worden[2]. Das Kies- und Schotterlager am Elbthalrande bei Elbleiten, in ca. 290 *m* Seehöhe und ca. 175 *m* über dem heutigen Elbspiegel ist als die höchste nachweisbare Ausfüllungsterrasse der alten Elbe anzusehen. Der Umstand, dass in den Schotterlagern keine nordischen Geschiebe und nur in den obersten Schichten als grosse Seltenheit ganz vereinzelt Feuersteine vorkommen, ferner die Erscheinung, dass auf der Pirnaer Hochebene (ca. 180 *m*) Elbschotter nordische Geschiebe führende Glacialbildungen unterteufen, besonders aber die Thatsache, dass zwischen den Geschieben der Schotterlager und denen der benachbarten Flüsse des Quadersandsteingebietes keine petrographische Übereinstimmung herrscht, wohl aber eine solche mit denen rezenter Elbschotter, lässt darauf schliessen, dass der Durchbruch der böhmischen Elbe in der Praeglacialzeit stattfand. Unter der Annahme eines 290—300 *m* hoch gelegenen Elbbettes ist der Durchbruch der böhmischen Gewässer durch das bis zu 430 *m* (Rosenkamm) ansteigende Quadersandsteinplateau leicht erklärlich, da mehr als 100 *m* tiefe Klüfte, ebenso wie jetzt, sicher auch damals schon vorhanden waren. — Das Vorkommen des Decksandes (als Produkt des abschmelzenden Gletschers aufgefasst) in 120 *m* Seehöhe im Thale unterhalb Pirna und von 150 bis

[1]) Bull. soc. Vaud. sc. nat. **23.** 1887.
[2]) Sitzungsbericht der Isis 1888. Juli — Dezember. p. 30 u. ff.

Digitized by Google

160 *m* Seehöhe an auf der Hochebene bei dieser Stadt (umgearbeitete Elbschotter bei Kopitz) bezeugt, dass die weite Thalniederung unterhalb Pirna am Ende der Glacialzeit schon vorhanden war, und demnach zwischen dem Strombett unterhalb und oberhalb Pirna ein Niveauunterschied von ungefähr 30 *m* bestehen musste. So wird es auch wahrscheinlich, dass ein rückwärtsschreitender Wasserfall in der postglacialen Epoche die Vertiefung des Stromes bis auf das jetzige Niveau von 110 bis 120 *m* zwischen Pirna und Tetschen bewirkte, welcher der weitere Vertiefungsprozess der Querthäler auf dem Fusse folgte.

Was die Entstehung der um die Elbe und ihre Nebenflüsse gruppierten Hochebenen anbetrifft, so sind diese als Produkte der Erosionswirkung fliessender Gewässer, bez. der Gletscherschmelzwässer anzusehen. Einesteils deuten auf diese Bildungsweise nicht nur der lössartige Lehm, bez. lehmige Lösssand, sondern auch die mit vereinzelten nordischen Geschieben vermengten Flussgerölle hin, welche die Hochebenen bis zu ca. 300 *m* Seehöhe bedecken. Anderenteils lässt die Erscheinung, dass der dortige Sandstein leicht in Platten spaltet, die vom Wasser leicht herausgemeiselt werden, und besonders die Wahrnehmung, dass unter den Schotterlagern (Decksanden) und dem Lösslehm der Quadersandstein aufgeblättert, mürbe geworden oder sogar in Sand zerfallen ist, zuweilen bis zu einer Tiefe von 1 *m* darauf schliessen, dass der Erosionsprozess im Quadersandsteingebiet verhältnismässig schnell fortschritt. Zweifelhaft bleibt nur die Entstehung des meist mit Haidesand bedeckten, bis über 400 *m* Seehöhe ansteigenden Hochplateaus zwischen Elbleiten-Schöna und Tetschen-Bodenbach. Will man dasselbe nicht als eine von dem sich nach S zurückziehenden Meere geschaffene Fläche (Brandungsterrasse) ansehen, die im N noch von den alten Steilufern, den hohen Felswänden zwischen Dittersbach und Herrniskretschen begrenzt ist, so könnte man es als durch Erosionswirkung vordiluvialer Flüsse gebildet betrachten. Der fruchtbare Ackerboden auf den bis 300 *m* Höhe ansteigenden Hochebenen zwischen Elbleiten und Pirna ist demnach ebensowohl das kostbare Geschenk der Elbe und ihrer Nebenflüsse, wie die reiche Hinterlassenschaft des skandinavischen Inlandeises.

Die schwarzen Flusswasser in den äquatorialen Gegenden Südamerikas gehören zu den interessantesten Erscheinungen und sind, trotzdem schon Humboldt sich viel damit beschäftigt hat, noch sehr wenig wissenschaftlich untersucht worden. Dieser beschrieb sie als höchst klar, aber in dicken Schichten braun wie Kaffee, im Schatten schwarz, in einem Glase gelblichbraun. Neuerdings hat V. Marcano solche Wasser in Südamerika angetroffen[1]), und Proben davon sind von

[1]) Compt. rend de l'acad. de Paris **107.** p. 908. 1888.

Digitized by Google

A. Müntz analysiert worden. Es fand sich, dass sie im Liter 0.028 *g* einer organischen Substanz enthielten, welche fast ausschliesslich aus braunen, unbestimmbaren Säuren bestand, wie sie in den Torfmooren sich bilden. Die saure Reaktion nahm mit der Konzentration zu und war schliesslich auch für den Geschmack erkennbar. Kalk enthielt das Wasser nicht; die Humussubstanz war im freiem Zustande; Nitrate fehlten; die anderen Mineralbestandteile waren sehr spärlich; sie bestanden aus Kieselerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, Thonerde, Kali und Spuren von Ammoniak. Die Farbe und die Eigenschaften der Wasser erklären sich aus dieser Analyse sehr einfach. Die Farbe wird von den freien Humussäuren herrühren; sie bleibt, weil infolge des Fehlens des Kalkes die Verbrennung der organischen Substanzen trotz der Lüftung nicht stattfinden kann. Die schwarzen Wasser färben die weissen beim Mischen nicht, weil diese Kalk enthalten, der die freie Säure sättigt, so dass die Nitrifikation und Zerstörung der organischen Substanz schnell erfolgen kann. Trotz des Gehaltes an organischer Substanz verdirbt das Wasser nicht wegen seiner sauren Reaktion; dieselbe verhindert auch, dass sich Eisen- und Manganoxyde an den Felsen absetzen, welche sie bespülen, so dass diese sich nicht färben.

Zu den schwarzes Wasser führenden Flüssen gehört vor allem auch der Rio Negro. Dr. Ehrenreich, der ihn vor kurzem besuchte [1]), bemerkt, dass ausserdem eine ganze Anzahl der Zuflüsse des Amazonas, z. B. auch der Tapajoz und verschiedene Beiflüsse des Purus diese Farbe zeigen, nämlich in dicker Schicht tief tintenschwarz, in dünner hellbraun, aber den natürlichen Geschmack des Wassers nicht alterierend. Das Wasser gilt, wie Ehrenreich berichtet, als fiebererregend, hat aber die angenehme Eigenschaft, dass es die Entwickelung lästiger Insekten verhindert. Sämtliche schwarze Flüsse sind frei von Moskitos.

Unterirdische Flussläufe und Höhlen im Karstgebiet. Die Höhlenforschung wird neuerdings besonders im Karstgebiet teilweise im Auftrage der Staatsregierung eifrig betrieben Über die unterirdischen Flussläufe daselbst hat Wilhelm Putick, auf Grund eigener Untersuchungen wiederholt berichtet [2]). Er betont nachdrücklich, dass sehr häufig ein und derselbe Höhlengang nicht durchwegs von solchen Dimensionen ist, dass die darin periodisch durchfliessenden Wässer frei und ungehindert ihren verborgenen Thalweg finden würden. Es sind vielmehr die Verbindungen von ganz enormen Höhlenräumen oftmals kaum auffindbare schmale und niedere Felsenspalten, welche durch ihre geringe Ableitungskapazität den eindringenden

[1]) Verhandlgn. der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. **17.** Nr. 3. p. 170 u. ff.

[2]) Mitteil. d. k. k. geogr. Gesellsch. in Wien 1889. p. 57—61.

Hochfluten des angrenzenden Thales bisher unbekannte Wehren gebildet haben. Die nachteiligsten dieser Abflusshindernisse sind wohl jene, welche die Verbindungen aus dem jeweiligen Kesselthale nach den tief unter seinem Niveau gelegenen Höhlenkammern schutthaldenähnlich überlagern.

Wenn diese grossartigen natürlichen Filter, welche in ausgedehnten Flächen zu Tage liegen, auch nur die einzigen Hemmnisse des Wasserabflusses aus den Kesselthälern vorstellen würden, so hätte man entschieden lange schon durch gewisse örtliche Massnahmen, die jedesmal nach grösseren Hochwässern getroffen wurden, neben einer vorteilhaften Wirkung dieser Arbeiten, gleichzeitig eine zutreffende Erklärung der Verhältnisse zustande gebracht. Aber dieses hydrologische Rätsel liegt nicht offen am Thalrande des jeweiligen Kessels, sondern es ist tief im Inneren des unterhöhlten Gebirges zu suchen und auch zumeist nur dort selbst zu finden. Die Schlundhöhlen der Kesselthäler des Karstes, durch welche die Wässer von einer höherliegenden Terrasse zur nächst niederen abzufliessen genötigt sind, bilden ein ganzes System von Hohlräumen, welches wohl zutreffend als ein unterirdisches Reservoirsystem bezeichnet und für die unschädliche Ableitung der Hochwässer aus den Kesselthälern benutzt werden kann.

„Die Entstehungsursache dieses enormen natürlichen Reservoirsystems ist vorwiegend nur auf die verborgenen Erosions- und Korrosionswirkungen der Meteorwässer zurückzuführen. Dieselben haben entschieden alle Höhlungen des Karstes zum Teile unmittelbar durch mechanische, als auch chemische Kräfte und zum Teile mittelbar durch Absitzung und Einstürze hervorgebracht

Die im Niveau tiefstgelegenen, die eigentlichen Wasserhöhlen, darf man sich trotz alledem nicht derart vorstellen, als hätten sie in ihrem ganzen Verlaufe von einem Kesselthale zum anderen überall so geräumige Weitungen, wie man dieselben z. B. im grossen Dom der Adelsberger-Grotte oder am Eingange der Kleinhäusel-Höhle in Planina sehr bequem in Augenschein nehmen kann.

Verfolgt man eine Wasserhöhle nur einige hundert Meter in ihrer weiteren Erstreckung, so gelangt man sehr bald zu der Überzeugung, dass man es eigentlich mit einem durch mannigfache Hindernisse unterbrochenen System von Höhlenkammern zu thun hat. Solche Unterbrechungen bestehen in festen und oftmals sehr mächtigen Scheidewänden, welche je nach dem Wasserstande mehr oder weniger unheimliche, niedere Passagen für die Kahnfahrt aus einer Kammer in die andere gestatten. Nicht jedesmal aber findet man die Durchbruchsstelle dieser Scheidewände, ähnlich einem Felsenthore oder einem freien Durchlasse gleich, über dem Wasserspiegel offen stehend, sondern man findet, was

Digitized by Google

eben sehr häufig der Fall ist, diese Kommunikation vom Wasser hoch überstaut, wie ein kommunizierendes Rohr oder wie einen Saugheber wirkend, ohne dass mit einfachen Mitteln an die Erweiterung dieser Verbindung geschritten werden könnte. Hin und wieder lagern kolossale Felsabstürze zu förmlichen Trümmerbergen aufgerichtet mitten in dem Höhlenbette des unterirdischen Wasserlaufes. Dieselben sind wohl nur entweder als Einstürze früher dort bestandener Scheidewände zu betrachten, welche nach erfolgter Unterwaschung dem beständigen Anpralle und der riesigen Gewalt der Fluten nicht länger widerstehen konnten, oder sie sind von mächtigen Deckenabstürzen herrührend, wobei in solchen Fällen die Wölbung eine bedeutende Höhe einnimmt. Selbstredend bringen derartig fortgesetzte Revolutionen in der Tiefe eine sich bis zur Oberfläche des betreffenden Gebietes hin geltend machende Veränderung der Gesteinslagerung hervor, welche sich wieder nach der jeweiligen Mächtigkeit und nach der inneren Beschaffenheit der Deckschicht in den oberirdischen Erscheinungen verschieden äussern muss. In erster Reihe entstehen hierdurch Absitzungsspalten, welche im Laufe der Jahrhunderte durch die in denselben nach der Tiefe abfliessenden Meteorwässer eine immer zunehmende Erweiterung und Veränderung erfahren müssen, etwa ähnlich wie die Sohle der Wildbäche anderer Gebirgsformationen.“ W. Putick hat auf seinen unterirdischen Forschungszügen im Karstgebiet eine Anzahl neuer Höhlen entdeckt und benannt, worüber er an der oben genannten Stelle nähere Mitteilungen macht.

Physiographie des Rheines. Die zusammenfassende Darstellung eines grossen Stromgebietes in geologischer, hydrographischer, meteorologischer und wasserwirtschaftlicher Beziehung ist zum ersten Male bezüglich des Rheines geliefert worden. Diese grossartige Arbeit, an der sich eine Anzahl bedeutender Fachmänner beteiligte, wurde vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Grossherzogtum Baden unter Leitung von Honsell herausgegeben[1]), gleichzeitig mit einer dazu gehörigen Stromkarte des Rheines in 16 Blättern. Das Nachfolgende ist eine kurze physiographische Skizze des Rheinstroms auf Grund der Angaben in dem genannten Werke.

Als eigentlicher Quellbach des Rheines wird derjenige angesehen, welcher aus dem 2340 *m* über dem Meere gelegenen Tomasee abströmt und durch zahlreiche Wildbäche verstärkt als stark geschiebeführender Fluss sich mit dem vom Paradies- und Zapportgletscher kommenden Hinterrhein vereinigt. Der fernere Lauf bis zum Bodensee geschieht in einem vorwiegend weiten Thale, dem verlassenen Boden ehemaliger Seen, die nach Durchnagung eines Bergriegels (wo jetzt die Thalenge unterhalb Sargans sich befindet), und nachdem der Bodensee auf sein jetziges Niveau gekommen, verschwunden sind.

[1]) Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse. Berlin 1889.

Digitized by Google

Die Geschiebeführung des Rheins ist in diesem Teile seines Laufes beträchtlich, und unterhalb Montlingen bewegt sich der Fluss auf einer dammartigen Überhöhung, die er sich durch Ablagerung seiner Sinkstoffe und die häufige Zerstörung der Deiche selbst geschaffen hat. Natürlich verursacht die hohe Lage des Flusses Versumpfungen des Thalbodens, denen man durch Entwässerungsanlagen zu begegnen sucht. „Eine eigentümliche Erscheinung in den Rheinniederungen sind die Giessen. Es sind Gewässer, die unterirdisch aus dem Rhein durch ehemalige, längst wieder mit Geröllen, Schieferstaub und Humus ausgefüllte Flussbette in das Binnenland dringen und an zahlreichen Stellen als starke, klare Quellen zu Tage treten, um, nach kurzem Lauf zu grossen Bächen geworden, wieder in den Rhein sich zu ergiessen. Die dadurch und durch das sonstige Druckwasser von dem erhöhten Rheinlauf verursachte Erkältung und Versumpfung des Bodens trägt wesentlich die Schuld an den traurigen Wachstumverhältnissen im St. Gallen'schen Rheinthal“.

Alle schweren Geschiebe bleiben im Unterlauf des Rheines liegen, und in den Bodensee gelangen nur Sand und Schlamm. Der Flächeninhalt des Bodensees beträgt nach Messungen in den topographischen Karten der Uferstaaten 528.3 *qkm*, sein Spiegel liegt 395.143 *m* über dem Meere, der Untersee liegt im Mittel nahezu 0.272 *m* niedriger.

Geologisch wie hydrographisch ist der Bodensee als eine im Strombau des Rheines selbständige Erscheinung aufzufassen und durchaus nicht als ein einfach verbreiteter Rheinstrom. Die Wassermenge, welche der Rhein dem Bodensee zuführt, wird bei gewöhnlichem Hochwasser zu 1000—1300, beim bekannten höchsten Wasserstand zu etwa 3000 *cbm* in der Sekunde angenommen. Was dem Bodensee aus den übrigen Zuflüssen zukommt, ist für den Fall häufiger vorkommender starker Niederschläge zu 1800 *cbm*, für ausserordentliche Regenfälle zu 3500 *cbm* in der Sekunde geschätzt und der Zugang durch die auf den Seespiegel selbst niedergehenden Regenmengen für die beiden eben genannten Fälle zu 375 und 687 *cbm* in der Sekunde berechnet. Die sekundliche Abflussmenge des Bodensees beträgt beim niedrigsten Wasserstande rund 20 *cbm*, bei Mittelwasserstand 300 *cbm*, beim höchsten Wasserstand 1100 *cbm*.

„In der Gestalt der Ufer und in dem Rande des Seekessels kommt die Entstehung des Beckens durch Einsturz, an dem sich alle auf und über dem Jura abgelagerten Formationen beteiligt haben, deutlich zum Ausdruck. In der grösseren Tiefe ist der Seegrund überall sanft geneigt, die tiefste Stelle ist gemessen zu 276 *m* in der Linie Lindau-Konstanz auf der Höhe von Friedrichshafen; im Untersee zu 47 *m* in der Nähe des linksseitigen Ufers zwischen Berlingen und Steckborn“.

Der Bodensee ist der grosse Regulator für die Abgabe der ihm zufliessenden Wassermengen, natürlich muss er, wie jeder Flusssee, durch Aufnahme der Geschiebe und Sinkstoffe allmählich seiner Ausfüllung entgegengehen; allein nach Honsell haben die genauesten Untersuchungen erkennen lassen, „dass seit geschichtlicher Zeit eine irgend erhebliche Einschränkung des Bodenseespiegels nicht stattgefunden hat, auch gegenwärtig nicht vor sich geht und für absehbare Zeiten nicht zu erwarten ist.“

Die weite Niederung bei der Rheinmündung in den Bodensee ist eine Deltabildung, aber in geschichtlicher Zeit hat sich dieselbe nicht vergrössert, da sie, heute noch wenig über den Hochwasserspiegel des Sees sich erhebend, mit Ortschaften besetzt ist, die schon in Urkunden des 9. Jahrhunderts genannt sind. Der obere See steht mit dem unteren durch eine stromartige Enge in Verbindung, die alle Eigenschaften eines Flusslaufes mit fester Sohle ohne jede Geschiebeführung hat.

Der Ausfluss des Rheines aus dem Bodensee gestaltet sich bald zu einem geschlossenen Stromlaufe mit durchweg hoch liegendem Uferrand bis in die Nähe von Schaffhausen, wo sich der beginnende Wechsel des Strombaues durch die am rechten Ufer anstehenden Felsen verrät. Bald

Digitized by Google

ist der Strom in und auf dem Jura gebettet, zwischen und über dessen Felsbänke er schäumend dahineilt, bis zu dem gewaltigen Absturze bei Neuhausen. Bei Schaffhausen ist das Bett durch ein festes Überfallwehr durchquert, eine Gefällsstufe von 1.70 *m* verursachend. Von hier bis zum oberen Rand des Rheinfalles beträgt die Fallhöhe etwa 8 *m*, der ganze Absturz von der Schaffhauser Brücke bis unterhalb des Falles in runder Zahl 30 *m* Unterhalb des Falles bewegt sich der Strom in einer tiefen Erosionsschlucht und beschreibt beim Dorfe Rheinau die schärfst gekrümmte Schlinge seines ganzen Laufes bei nur 80 *m* Flussbreite

Unterhalb der Aarmündung ist der sehr gewundene Rheinlauf tief in den Thalboden eingefurcht. Vielfach bespült er den Fuss steiler Hochufer, bestehend aus jenen diluvialen Ablagerungen, die hier das Thal mit grosser Mächtigkeit ausgefüllt hatten. „Die Buchtungen der jetzt vielenorts vom Strom verlassenen Hochterrassen geben Zeugnis dafür, wie der Rhein in wechselnder Laufrichtung sein Bett ausgewaschen und mehr und mehr eingetieft hat, bis dem raschen Fortschreiten der Ausschwemmung dadurch Einhalt geschehen ist, dass der Strom stellenweise auf festes Gestein oder auf feste Lagen schwerer Geröllmassen gestossen ist.

Bei Basel tritt der Rhein mit scharfer Biegung nach Norden in die oberrheinische Tiefebene und erscheint bis zum Eintritt in das rheinische Schiefergebirge hydrographisch als einheitliche Stromgestaltung. Diese Ebene war in einer der letzten Epochen der Erdgeschichte sicherlich ein Binnensee. Zuverlässiges und wissenschaftlich Haltbares über die ehemaligen Zustände lässt sich nur an der Hand thatsächlich noch erkennbarer Verhältnisse aussagen, und hier sind es wieder die Ausführungen von Honsell, die uns massgebend erscheinen. Hiernach zeigte der Rhein vor Beginn der Stromkorrektionen in dem Laufe durch die oberrheinische Ebene drei verschiedene Grundrissformen, im oberen Laufe ein Gewirr von Stromarmen und Giessen, Inseln und Kiesgründen, eine Fläche von 1—2 *km* an einigen Stellen noch mehr Breite einnehmend, der mittlere Lauf geschlossen, in vielen Windungen die Niederung durchziehend und im unteren Lauf bei nur sanft gekrümmter Richtung ein breites Bett, grösstenteils gespalten durch langgestreckte, fischförmig gestaltete Inseln Im fernern ergiebt sich, dass der Stromlauf durch die Rheinebene oberhalb des Kaiserstuhlgebirges als die Zone des Abtrags durch Erosion erscheint; unterhalb des Kaiserstuhles beginnt die Zone des Auftrages durch alluviale Ablagerung; dazwischen liegt eine keinen entschiedenen Veränderungen unterworfene Strecke, die Zone der Nullarbeit des Stromes

Die natürlichen Zustände des Oberrheines waren bis zu Anfang dieses Jahrhunderts für die Anwohner die denkbar verderblichsten „Am meisten empfindlich machten die Übelstände sich damals in der Gegend zwischen Lauterburg und Germersheim geltend, also entlang jener Stromstrecke, in der die von dem oberen Anfang des ehemaligen Seebeckens herabgeschwemmten Geröllmassen das Strombett aufzuschütten begonnen hatten. Fast alljährlich waren die Niederungen mit den Ortschaften durch Hochwasser und infolge von Eisstopfungen überschwemmt; grosse, mit fruchtbarem Boden bedeckte Flächen Landes fielen immer mehr der Versumpfung anheim; die Anwohner litten schwer unter Fieberkrankheiten; der Verkehr mit den Rheinorten zu Wasser und zu Land war überaus erschwert und vielfach gestört; in den scharfen Krümmen riss der Strom fort und fort die Ufer ein, bis er, oftmals plötzlich, die Landzungen durchbrach.

Durch das grosse Werk der Rheinkorrektion, dessen Anfänge bis auf 1817 zurückgehen, und welches erst Mitte der siebziger Jahre als ganz beendigt angesehen werden kann, ist dem Rheine vom Eintritt in die oberrheinische Ebene bis zur Mündung von Murg und Lauter ein künstlicher Lauf geschaffen. In dem ehemals vorhandenen Gewirre von Rinnsalen, Inseln und Kiesbänken ist der Strom durch Leitwerke veranlasst, auch durch energischer eingreifende Abschlüsse gezwungen worden, ein

Digitized by Google

regelmässiges Bett sich auszuwaschen, und durch befestigte Ufer wird er darin festgehalten.

Was die Wasserstandsbewegung des Rheines von der Aar bis zum Neckar anbelangt, so ist durchschnittlich der niedrigste Stand im Februar, der höchste im Juni.

Über die Wasserführung des Rheines zwischen Aar und Neckar liegen verschiedene Angaben vor, denen zur Folge die sekundliche Durchflussmenge beim niedrigsten Wasserstande zu 330 *cbm* in der Gegend von Basel und gegen die Neckarmündung auf etwa 450 *cbm* anwachsend, bei Mittelwasserstand zu 860 *cbm* bei Basel und zu 1500 *cbm* bei Mannheim anzunehmen ist. Die sekundliche Hochwassermenge mag zwischen 5000 und 6000 *cbm* betragen; eine Zunahme von Basel bis zum Neckar ist nicht nachgewiesen und wegen des Vorauseilens der Flutwellen der Zuflüsse und der Verflachung der Flutwellen im Rheine auch nicht wahrscheinlich.

Was Bewaldung und Anbau in der oberrheinischen Tiefebene anbetrifft, so ist letztere mit ihrem fruchtbaren Schwemmlande als ein gesegneter Landstrich zu bezeichnen. „Diese Niederung ist allerdings zum grossen Teil noch der Überflutung durch die Sommerhochwasser ausgesetzt und hier dem Nieder- und Mittelwald überlassen. Auch binnenwärts der Hochgestade sind die minderwertigen Sandböden von Wald eingenommen, oberhalb der Lauter 30% bis 40% der Fläche bedeckend. Entlang der beiderseitigen Randgebirge in den flachen, muldenartigen Vertiefungen, zu denen auch das Illgebiet gehört, hat sich die Wiesenkultur ausgebreitet. Weiter abwärts gegen den Neckar und den Main nimmt der Ackerbau auf Kosten des Waldes und der Wiesen immer mehr zu."

Im Rheingau flutet der Rhein in mächtiger Breite mit schwachem Gefälle und unter häufiger Inselbildung dahin. „Die Breiten des Mittelwasserspiegels bewegen sich im ungeteilten Strom zwischen 500 und 900 *m*. In den durch Inseln gespaltenen Strecken finden sich, von Ufer zu Ufer gemessen, Breiten von über 1000 *m*. Als Normalbreite für die zur Regelung und Erhaltung der Wasserstrasse errichteten Regulierungswerke sind im ungeteilten Strom 450 *m* angenommen, und dieses Mass ist auch bei der geregelten Ausbildung der Stromspaltungen zu Grunde gelegt.

Bietet der Rhein im Mainzer Becken fast den Anblick eines Sees, so windet er sich zwischen Niederwald und Bingerwald in einem streckenweise schluchtenartig gestalteten Erosionsthale. Zur Förderung des Stromverkehrs sind Aussprengungen in dem als „Binger Loch" bekannten Engpass und anderwärts der hochstreichenden Felsriffe Ausräumungen von Gebirgstrümmern, Durchbaggerungen harter Gründe und Einschränkungs- und Leitwerke zur Ausführung gebracht.

Zwischen Lorchhausen und dem Lorchhäuser Grund durchqueren Steinwälle das Strombett, in dessen Mitte dann bei der Annäherung an Bacharach die Felsgruppe der „Klosterlayen" den Beginn einer dem Durchbruch bei Bingen ähnlichen engen und wilden Stromstrecke bildet. In dem harten Gestein ist das Bett vielfach zerrissen, durch hochstreichende Felsrücken schräg durchzogen, auch durch zwei Inselbildungen, gespalten. Die Ufer ziehen sich bei Oberwesel wieder mehr zusammen, und an der weit vorspringenden Felsecke des „Rosssteines" ist der Rhein, in scharfem Knie umbiegend, bis auf 240 *m* eingeengt. Nun folgt der Stromlauf, was bis dahin nicht der Fall ist, dem Streichen des Gebirges und tritt in ein geschlossenes Felsenbett ein, das, zuerst sich ausweitend, beim „Kammereck" abermals Richtungsänderung und Einschnürung erfährt. Riffe und Quarzitbänke ragen allenthalben auf, treten aber zusehends tiefer unter den Wasserspiegel zurück, je mehr das Bett gegen die Lorley (Lurlay) sich verengt. Jäh steigen zu beiden Seiten die Felswände auf, zwischen denen die Erosion des fliessenden Wassers, befördert durch die Wucht des Einstosses, ein gegen 30 *m* tiefes, spaltenartiges Stromgerinne ausgewaschen hat, an der Lorley selbst — bei Niederwasser — nur noch 113 *m* breit. Nach

Digitized by Google

kurzer beckenartiger Erweiterung, welche eine Spaltung des Bettes veranlasst hat, tritt dem Strom abermals, jetzt zur Linken, ein grosses Riff entgegen.

Die gleichzeitige Einengung des sehr tiefen Bettes setzt sich bis St. Goar fort. Von hier abwärts bis Boppard erheben sich keine Felsen im Rhein; dafür treten das Strombett spaltende und verengende Bänke festgelagerten Gerölles auf. Die Strombreiten in der Strecke von Boppard bis Koblenz wechseln vielfach; sie bewegen sich zwischen 230 und 600 *m*.

Die Stromufer heben sich im allgemeinen steil vom Strombett ab. Der Ufersaum ist schmal, und an vielen Stellen fehlt er ganz, so dass der Raum für Strassen und Eisenbahnen neben dem Rhein den Abhängen durch Einschnitte und Durchtunnelungen hat abgewonnen werden müssen. Auf beträchtliche Erstreckungen sind die Ufer auch künstlich — mauerartig — gebildet oder befestigt. Die Gesteinsmassen der Ufer, dem unteren Devon angehörend, bestehen aus Quarzit und Schiefer. Unterhalb Bacharach zeigen sich an den Gehängen, mehr und minder deutlich, mit Lehm und Schutt bedeckte Terrassenbildungen.

Rechts nimmt der Rhein die Lahn auf, deren Quellen an den südlichen Abhängen des Ederkopfes, beim Forsthause Lahnhof liegen. Links mündet der grösste Nebenfluss des Rheins, die Mosel.

Was die Bewaldung und den Anbau im Rheinthale zwischen Bingen und Koblenz anbelangt, so liefert das Verwitterungsprodukt des Thonschiefers und der Grauwacke einen mageren Lehmboden, der auf den steilen Abfällen eine kärgliche, dürftig bewaldete Decke bildet. An den warmen Hängen des Rheinthals sind vielfach künstliche Terrassen für den Weinbau geschaffen. Die benachbarten Hochflächen des Taunus und des Hunsrück tragen meist Ackerland von geringer Ergiebigkeit; der Boden des Rheinthales selbst ist dagegen — sofern es der schmale Raum neben dem Strome gestattet — gartenbauartig bewirtschaftet, wozu die hier vorhandenen oft mächtigen diluvialen Lösslager einen im hohen Masse ertragsfähigen Boden liefern.

Gegenüber der Moselmündung treten die aus Thonschiefer und Grauwacke bestehenden Ausläufer des Westerwaldes steil abfallend bis hart an den Rhein, gekrönt von der Festung Ehrenbreitstein. Bis unterhalb Vallendar liegt der Strom dem Fuss des Gebirges an, das nun weit nach Osten ausbiegt, um erst gegenüber Andernach wieder an den Rhein heranzutreten. Ebenso halten sich auf dem linken Ufer die Ausläufer der vulkanischen Eifel hier mehr und weniger vom Strom entfernt. Die so zwischen Koblenz und Andernach eingerahmte Niederung wird als Becken von Neuwied bezeichnet, ein ehemaliges Seebecken, das der Rhein in flachen Krümmungen mit ansehnlicher Breite durchzieht, mehrfach gespalten durch Inselbildungen. Auf den Höhen, bis zu 120 *m* über dem Rhein, finden sich Ablagerungen von Stromgeröllen. Zwischen Remagen und Königswinter ist das Thal enger, der Stromlauf wieder mehr gewunden und durch Kiesgründe und Inseln gespalten. Die Breite wechselt; sie beträgt bei Remagen nur 240 *m*, bei Königswinter 340 *m*, in den Spaltungen erheblich mehr. Am Drachenfels, der am weitesten vortretenden Spitze des Siebengebirges, bespült der Rhein letztmals den Bergfuss.

In vorhistorischer Zeit muss die Breite des Rheines und damit seine Wasserführung eine sehr viel erheblichere gewesen sein als heute. Die alten Flussufer bei Bonn lassen erkennen, dass der Strom einst 3500 bis 5000 *m* Breite besass. Auch lassen sich an den Höhen verschiedene Terrassen nachweisen, die darauf deuten, dass der Strom sich nach und nach eingeschnitten hat. Dieser diluviale Rhein lässt sich in seinen Grenzen näherungsweise als dem Überschwemmungsgebiet bei sehr hohen heutigen Wasserständen entsprechend bezeichnen. Die gewaltige Wassermasse des vorhistorischen Rheines deutet auf ganz andere klimatische Zustände als heute. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass jene Wassermassen dem Ab-

Digitized by Google

schmelzen der Gletscher beim Schlusse der Eiszeit ihr Auftreten verdanken und abnahmen in dem Masse, als die Gletscher schwanden. Die Entstehung des Rheinthals selbst, besonders im Gebirge zwischen Bingen und Koblenz, ist ein schwieriges und durchaus nicht gelöstes Problem der Geologie.

Von Köln ab beginnt der Niederrhein. „Der Fluss zeigt in seinem gewundenen Lauf in breitem Bett zwischen niedrigen Ufern und in seinem schwachen Gefälle überall die Eigenschaften des mächtigen Tieflandstromes, und in der Geschichte der Stromgestaltung spielt nun auch das Deichwesen eine Rolle. Das Strombett ist durchgängig in Alluvialboden, teilweise auch in diluviale Ablagerungen eingetieft. Zahlreiche Spuren verlassener Stromläufe, die sich hier als Brüche und Moore, dort als Lachen oder noch als fliessende Wasser zu erkennen geben, deuten darauf hin, dass in dem Stromland gewaltige Veränderungen in nicht sehr ferner Vergangenheit sich vollzogen haben.“

Was die Wasserstandsbewegung im Rheine abwärts der Mosel betrifft, so geht sie entsprechend der Mächtigkeit des Stromes und dem in der Tiefebene schwachen Gefälle ruhiger vor sich als im Mittel- und Oberrhein. „Die verstärkte Wasserzufuhr aus den Alpen ist in den Sommermonaten zwar noch deutlich fühlbar; der Gang der Wasserstandsbewegungen insbesondere in den Extremen steht aber sonst ganz unter dem Einfluss der Wasserlieferung der grossen Zuflüsse des mittleren Stromlaufes, und selbst Ruhr und Lippe zeigen eine merkbare Einwirkung auf die Wasserstände des Rheines. In den Ergebnissen der 36jährigen Beobachtungsreihe, 1851 bis 1886, tritt der Einfluss der klimatischen Verhältnisse des Hügel- und Tieflandes gegenüber der Wasserlieferung aus den Alpen mehr und mehr hervor: noch bei Koblenz liegt das Höchstmass der Durchschnitte der Monatsmittel, wie am Oberrhein im Juni, bei Köln und von hier abwärts ist es in den Februar und März vorgerückt; ähnliche Verschiebungen zeigen sich in der Bewegung der durchschnittlich niedrigsten und höchsten Monatsstände.“

Was die Bodenkultur anbelangt, so herrscht im niederrheinischen Tieflande und den dasselbe umsäumenden Hügelketten der Ackerbau vor, und zunächst dem Strom mit der Annäherung an Niederland tritt jetzt auch die Viehweide in der Niederung auf. Die höheren Teile des Ruhrgebietes sind dagegen dicht bewaldet.

Was die Wasserführung des Rheines quantitativ anbelangt, so liegen hierüber noch keineswegs völlig genügende Beobachtungen vor, denn es ist ebenso unzulässig, aus vereinzelten Wassermengemessungen einen Schluss auf die „mittlere“ Wassermenge zu ziehen, wie aus einzelnen Regenmessungen auf die mittlere Regenhöhe eines Ortes zu schliessen. „Mit Hülfe der bei hohen Wasserständen vorgenommenen Messungen berechnet sich die sekundliche Hochwassermenge des Rheines bei Walluf für den höchsten Stand der Hochflut vom Januar 1883 bei 593 *cm* am Mainzer Pegel zu 7300 *cbm*. Zu dieser Zahl verhält sich die sekundliche Niedrigwassermenge vom November 1884 wie 1 : 12. In Koblenz wurde bei einem Pegelstande von 1,53 *m* die Durchflussmenge des Rheinwassers pro Sekunde zu 735 *cbm* bestimmt (am 10. Okt. 1887), bei einem Pegelstande von 3,44 *m* betrug sie ebenda 2127 *cbm* (am 23. Dezbr. 1887) und bei einem Pegelstande von 6,15 *m* war sie dort 4500 *cbm* am 14. März 1888). Lediglich schätzungsweise wird die sekundliche Wassermenge bei aussergewöhnlichen Hochständen, wie im Jahre 1882/83 in der Gegend von Emmerich zu 9000 *cbm* angenommen, eine Zahl, die allem Anscheine nach eher zu hoch als zu niedrig ist und doch weit entfernt bleibt von der Summe der Hochwassermengen nur der grösseren Zuflüsse vom Neckar bis zur Lippe.“

Der Neckar führt bei Heidelberg bei Niedrigwasser 32, bei Hochwasser 4800 *cbm*, der Main zu Frankfurt bei Niedrigwasser 33, bei Hochwasser 3400, die Mosel bei Koblenz resp. 51 und 4000, die Ruhr bei Mühlheim 8,6 und 1650, die Lippe bei Wesel 10,6 und 624 *cbm* sekundlich vorüber.

Digitized by Google

Aus allen diesen Daten aber lässt sich ein Schluss über die mittlere jährliche Wasserführung dieser Flüsse nicht ableiten. Die Wasserstandsbewegung im Rheinstrome ist durchaus keine einheitliche, nur gruppenweise fallen die an den einzelnen Pegelstationen verzeichneten höchsten Wasserstände zusammen, und nachdrücklich betont Honsell: „Dass man in einer Hochflut des unteren Stromlaufes die Summe der Flutwellen aller Zuflüsse von den Quellengebieten herab zu erkennen habe — diese Anschauung, der man nicht selten begegnet, beruht sonach auf grossem Irrtum. Eine solche Vereinigung der einzelnen Flutwellen zu einer einzigen Hochflut hat, soweit die Kenntnis reicht, niemals stattgefunden, und wie überall, wo es sich um die Verfolgung physischer Vorgänge handelt, muss angenommen werden, dass, was zu keiner Zeit dagewesen, auch für die Folge nicht zu erwarten ist; aus dem Geschehenen allein kann das Gesetzmässige im Wasserhaushalt abgeleitet werden. Es ist auch gut so, denn gleichzeitiges Zusammenlaufen der Hochwasserwellen aller Quell- und Zuflüsse müsste Hochfluten im Strom erzeugen, durch die alle Kultur an seinen Ufern und weithin in den Niederungen völlig vernichtet würde."

Der Flächeninhalt des Rheingebietes von den Quellen bis zum Anfangspunkt des Mündungsdeltas (einige Kilometer jenseits der deutschen Grenze) beträgt 159540 *qkm*. Bis zur Mündung in die Nordsee sind noch 64880 *qkm* hinzuzurechnen, so das also das gesamte Rheingebiet 224400 *qkm* umfasst. Die Stromentwickelung des Rheines beträgt von den Quellen bis zur Reichsgrenze 1052 *km*, bis zur Mündung 1360 *km*.

10. Seen.

Die Entstehung der Seen und Wasserläufe des norddeutschen Diluvialgebietes ist auf Grund eingehender Detailstudien in wirklich wissenschaftlicher Weise zuerst von Professor F. E. Geinitz studiert worden[1]). Er findet den Ausgangspunkt zum Verständnis dieser Formen in den Zuständen der baltischen Länder am Schlusse der diluvialen Eiszeit. Man darf wohl mit voller Entschiedenheit behaupten, dass ohne Voraussetzung dieser Eiszeit die heutige Plastik der norddeutschen Ebene völlig unverständlich bleiben müsste. Durch die Thätigkeit des Gletschers, der von Skandinavien her zur Diluvialzeit Norddeutschland nebst dem von der heutigen Ostsee eingenommenen Vorland als Inlandeis ein- oder mehrmal überzog, wurde die damalige Oberfläche mit einer oft ungemein mächtigen Hülle von „Diluvialablagerungen" beschüttet, nämlich im wesentlichen Geschiebemergel, Sanden und Thonen, deren Gesteinsmaterial teils den nordischen Distrikten, teils dem vom Gletscher überschrittenen deutschen Boden entnommen wurde. Das Gletschereis selbst störte vielfach den von ihm bedeckten Untergrund, vertauschte und verstürzte, zertrümmerte und zernagte die Schichten, welche seinem vor- und seitwärts drängenden Druck nicht genügend Widerstand leisten konnten. Noch gewaltiger aber wirkte das Wasser, welches bei dem vielfachen, durch ein teilweises Abschmelzen bedingten Vor- und Rückwärtsschreiten des Gletschereises in grosser Fülle geliefert wurde, und welches ja als ein steter und reichlich vorhandener

[1]) Geinitz, Die Seen, Moore und Flussläufe Mecklenburgs. Güstrow 1886.

Digitized by Google

Begleiter eines jeden Gletschers zu bezeichnen ist. Der Thätigkeit dieses in und unter dem Gletscher stets vorhandenen Wassers verdanken die meisten diluvialen Sande, Kiese und Thone als die natürlichen Aufschlämmprodukte der Grundmoräne ihren Absatz, auch ein grosser Teil der sogenannten glacialen Erosion ist auf die Arbeit dieser Schmelzwässer zurück zu führen. Als der skandinavische Gletscher sich nach Norden zurückzog, dadurch, dass nach und nach seine südlichen Ränder immer weiter abschmolzen, auch gleichzeitig durch stärkere Oberflächenabschmelzung der Gletscher in seiner gesamten Erstreckung an Mächtigkeit verlor (was natürlich nicht mit einem Male geschah, sondern mit mehrfachen Unterbrechungen): wurden natürlich die Abschmelzwässer ungemein vermehrt, und es mussten alle Erosionserscheinungen in verstärktem Masse eintreten: es wurde in dieser „Abschmelzperiode“ das ganze von dem schwindenden Eis bedeckte oder schon von ihm verlassene Territorium gewissermassen der verhältnismässig plötzlichen Erosions- und Denudations-Einwirkung von Stromschnellen und Wasserfällen ausgesetzt. Und dieser Thätigkeit der Abschmelzwässer verdanken sowohl die breiten, meist von tiefen Alluvialmassen erfüllten Flussthäler und viele der Seen, welche Überreste solcher Ströme sind, als auch die isolierten oder durch späteren, unverhältnismässig kleinen Abfluss entwässerten Seen, Teiche, Sümpfe, Torfmoore, Kessel und Sölle in dem Diluvialgebiet Norddeutschlands ihren Ursprung. Dagegen ist hier eine Erosion durch Gletschereis kaum nachweisbar. Die Produkte der erwähnten Erosion und Denudation des Diluvialplateaus sind die folgenden:

1. Sölle: Besonders häufig im Gebiete des sogenannten oberen Geschiebemergels, der Grundmoräne des sich zurückziehenden Gletschers, treten als eine für ganz Norddeutschland charakteristische Oberflächenerscheinung in grösster Menge zu Tausenden, die meist kleinen, kreisrunden, trichterförmigen und verschieden tiefen (oft bis 10 *m*) Löcher mit steilen Rändern auf, die zisternenartig meist das ganze Jahr über bis an den Rand mit Wasser erfüllt sind, aber keinen natürlichen Oberflächen-Zu- und -Abfluss besitzen. Diese „Sölle“, in manchen Gegenden auch Pfuhle, Pöhle genannt, sind analog den „Riesentöpfen“ Strudellöcher, welche das Schmelzwasser des Gletschers in dem Untergrunde aufwühlte, teils noch unter dem Gletscher durch „Gletschermühlen“ durch das Wasser, welches von der Oberfläche des Eises in Spalten herabstürzte, teils auf dem vom Eise eben befreiten Boden durch sprudelnde Wässer der „Abschmelzstromschnellen“. Die Sölle finden sich ebenso auf dem ebenen Plateau, wie in der hügeligen Moränenlandschaft. In welcher enormen Fülle dieselben vorkommen, zeigt eine Zählung der auf den Generalstabskarten verzeichneten Sölle; auf Messtischblatt Rostock liegen z. B. in dem Raume von nicht ganz $2^1/_4$ Quadratmeilen 760 Sölle, auf Blatt Kirch-Mulsow 550.

Digitized by Google

2. Isolierte Kessel und flachere Depressionen: Auf dieselbe Art wie die Sölle sind die tiefen Kessel und flachen Depressionen von grösserem Umfange und häufig nicht mehr kreisrunder Begrenzung entstanden, welche ebenfalls in sehr grosser Anzahl das Diluvialplateau unterbrechen. Alle möglichen Übergänge verbinden sie der Form und Grösse nach mit den Söllen, wie auch ein Blick auf die Messtischblätter der neuen Generalstabskarte leicht lehrt. Bei ihrer Bildung war reichlicheres Wasser vorhanden, als bei der Bildung der eigentlichen Strudellöcher, dasselbe konzentrierte sich demgemäss nicht auf einen punktartigen Raum, sondern arbeitete einen grösseren Fleck aus. Man könnte hierbei zwei Formen unterscheiden: die Kessel, Kesselseen, mit meist steilen, oft fast senkrechten Uferrändern und beträchtlicher Tiefe, und die flachen Bodendepressionen. Beide Formen haben indes gemeinsamen Ursprung und zeigen Übergänge in einander. Charakteristisch für beide ist noch, dass sie ringsum abgeschlossen sind, keinen natürlichen Oberflächen-Zu- und -Abfluss besitzen. Sie sind teils mit Wasser erfüllt und bilden Seen, Teiche und Sümpfe, teils vertorft, isolierte Torfmoore eingesenkt. Eine grosse Anzahl der grossen Seen, die in die eigentliche Seenplatte eingesenkt sind, gehört zu diesem Typus. Gegenüber diesen beiden Formen der Bodenmodellierung, deren Produkte isolierte Aufwühlungen sind, stehen diejenigen, welche dem Wasser einen sichtbaren Abfluss gewährten, die man im allgemeinen als die alten Thalläufe bezeichnen kann, gleichviel ob sie jetzt noch vom Wasser erfüllt sind oder Alluvialbildungen als dessen Überreste führen oder nur in der Bodenkonfiguration sich noch verraten. Man kann auch hier einige Unterschiede machen, natürlich aber dabei auch Übergänge beobachten.

3. Thaldepressionen: Die häufigste Form ist eine ganz flache, zuweilen auch deutlicher sich abhebende Einsenkung des Bodens. Oft nur bei aufmerksamer Beobachtung in der Landschaft oder auf den grossen Kartenblättern durch die rücklaufenden Höhenkurven zu erkennen, sind diese Thaldepressionen meist nur im Diluvialboden eingesenkt, ohne wesentliche Alluvialbildungen, und zeigen höchstens die als „Abschlämmmassen“ zu benennenden oberflächlichen Umarbeitungsprodukte der Diluvialabsätze. Selten behalten diese Thalniederungen in ihrem Verlaufe ihre gleichmässige Breite, sondern verengern sich oft zu der unter Nr. 5 bezeichneten Erosionsform; die Thaldepression stellt alsdann den „Thalbeginn“ dar. In solchen Anfangsdepressionen liegen oft in den Mooren, die in der Lüneburger Heide als „Spring“ bezeichnet werden, die Quellen der heutigen Bäche. Häufig liegen auch in ihren oberen Regionen reihenförmig hinter einander einige Sölle, doch so, dass die Depression nicht als eigentlicher Abfluss derselben gelten kann, sondern als flacher, nur einmal benutzter Weg des über den Kesselrand abfliessenden Wassers. Sehr ein-

Digitized by Google

leuchtend ist dieser Zusammenhang: Das Strudelwasser, welches die Sölle aufarbeitete, war so reichlich vorhanden, dass es gleichzeitig auf der Plateaufläche einen Abfluss über die Ränder der aufgearbeiteten Strudellöcher hinweg suchen und sich so, der jeweiligen allgemeinen Neigung des Bodens folgend, eine breite, flache Depression schaffen musste. Auf diesen Umstand macht schon Berendt aufmerksam.

4. Kurze Seitenkessel oder Cirken: Ohne weiteres erklären sich ebenfalls als Bildungen durch von oben her wirkendes Wasser die kurzen, oft nur amphitheatralisch oder kesselförmig gestalteten Seitenschluchten zu Erosionsthälern, in welchen wegen der raschen Bildung nur „Abschlämmmassen" zu finden sind, oder bei Stauung durch das Hauptthal auch Moorerde oder Torf. Gegenwärtig sind solche Seitenkessel häufig Quellgebiete. Diese vier Bodenumformungen wurden also durch sprudelnde, stromschnellenartig in vertikaler Richtung arbeitende Erosion bewirkt. Ich bezeichne diese Art der Erosion, die durch sprudelnde Wässer (vortex-Strudel) im Gegensatz zum fliessenden, horizontal wirkenden Wasser bewirkt wird, als „Erosion".

5. Erosionsthäler mit steileren Ufern: Waren an einer Stelle reichlichere und andauerndere Gewässer vorhanden, so bahnten sich dieselben einen Weg durch ein tiefes Erosionsthal, welches genau dieselben mannigfachen Erscheinungen zeigt, wie in den Mittelgebirgsgegenden der älteren Formationen. Die fünf unterschiedenen Typen von Erosionsformen haben dieselbe Entstehung und unterscheiden sich in dieser Beziehung nur durch die verschieden lange und kräftige Einwirkung der Gewässer. Infolge dessen müssen auch alle fünf Typen vielfache Übergänge zu einander zeigen, so dass sie in Wahrheit eine zusammenhängende Reihe von Bodenformen darstellen, eine zuerst von Berendt erkannte Thatsache, der auch Klockmann in den Worten Ausdruck verleiht: „Sölle, Rinnen und Seen sind nur dem Grade nach unterschieden". Aus einer von Prof. Geinitz gegebenen Zusammenstellung findet sich, dass die Erosion durchschnittlich 20 bis 40, seltener bis 80 *m* betragen hat. „Da", sagt Prof. Geinitz, „die Abschmelzwässer das Diluvialplateau oder die Höhenrücken an vielen Stellen gleichzeitig bearbeiteten, so mussten sehr viele der unterschiedenen Bodendepressionen in nahe Nachbarschaft zu liegen kommen. Dadurch konnten sich Wasserscheiden der verschiedensten Art herausbilden. Vielfach kamen dieselben in unmittelbarer Nachbarschaft, oft auch in fast entgegengesetzter Richtung zu liegen — alles Verhältnisse, die eben nur so zu erklären sind, dass die Bodenerosion durch plötzliches, von oben auf den Boden einwirkendes Wasser (Abschmelzwasser) hervorgerufen worden ist. Durch spätere Ausdehnung der Niederungen nach rückwärts war die Möglichkeit gegeben, dass die Wasserscheiden vernichtet wurden, und aus zwei früher entgegengesetzt gerichteten Wasser-

Digitized by Google

läufen ein einziger entstand. Vielfach sind diese Wasserscheiden, die oft in sehr niedrigem Terrain liegen oder durch sehr flache Diluvialrücken von einander getrennt sind, jetzt künstlich von Gräben durchstochen, um isolierten, höher gelegenen Depressionen Abfluss zu verschaffen, und so sind oft künstlich die alten Wasserläufe wieder hergestellt, freilich nur mit spärlichen Wasserfäden durchzogen, welche einst isolierte Kessel überflutet haben mochten, oder anderseits zwei ursprünglich in entgegengesetzter Richtung abfallende Thalläufe zu einem einseitigen Abfluss umgeändert. Eine Folge des Umstandes, dass die Erosion des Bodens an sehr zahlreichen Punkten in unmittelbarer Nachbarschaft gleichzeitig erfolgte, ist das vielfach gänzlich von einander unabhängige Auftreten von Thälern oder von Kesseln und Wannen in dichtester Nähe. Endlich hängt noch hiermit zusammen der mannigfach in Erhöhungen und lochartigen Vertiefungen abwechselnde, unebene Boden vieler grösseren Seen. Viele der von einer einheitlichen Wasserfläche bedeckten oder von Inseln, Halbinseln und Untiefen unterbrochenen Seen sind dadurch entstanden, dass mehrere, an sich isoliert im Boden eingearbeitete Depressionen eben durch ihr nahes Zusammenliegen zu einem Ganzen verschmolzen sind. Durch spätere Erniedrigung seines Wasserspiegels wird dann wieder umgekehrt aus einem solchen, oft vielzipfelig gestalteten See ein kleineres Becken mit nur noch durch Moorniederungen mit ihm zusammenhängende „Exklaven". Die Entstehung der Inseln in unseren norddeutschen Seen muss auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. In einigen Fällen sind plötzliche Aufquetschungen des Seebodens über die Wasserfläche beobachtet worden; die entstandenen Inseln blieben bestehen oder versanken wieder. Sie bestanden aus Torf und Moorboden, ihr Empordringen, ähnlich einer Blase, wurde als Emportreibung des Moorbodens durch sich entwickelnde Gase erklärt. Andere, besonders kleine und flache Inseln mögen ihre Entstehung einem Seitendruck verdanken, welcher den weichen Seeboden in die Höhe getrieben hat, ähnlich wie der Erddruck einer Dammschüttung oft in Mooren oder Seen den Boden seitlich aufquellen lässt. Die Hauptmenge der Inseln aber, der zahllosen „Werder" in den Seen, die aus Diluvium bestehen, von derselben Zusammensetzung und Lagerung wie das randliche Plateau, sind ebenso wie die ihrer Natur und Bildung nach mit ihnen identischen „Woorthe" in den Alluvialwiesen, Reste des Nachbarplateaus, welche von der Evorsion und Erosion des Bodens verschont geblieben sind; oft haben sie dieselbe Höhe wie das Nachbarplateau, oft sind sie auch mehr oder weniger ablatiert. Gerade das Vorhandensein der Inseln und Halbinseln, die in der grössten Mannigfaltigkeit ordnungslos eine Depression durchqueren und sie in mehrere selbständige Teile abschnüren, unter einander und mit dem Plateaustreifen oft durch Untiefen verbunden, ist ein kräftiger Beweis für die Er-

Digitized by Google

klärung der Depression hauptsächlich durch vertikal wirkende Evorsion und nicht durch horizontal wirkende Erosion. Dieselbe Erscheinung wie am Boden der Seen findet sich auch oft in den gegenwärtig von Alluvialmassen, besonders Torfwiesen, erfüllten Depressionen; hier wird nämlich sehr häufig die einheitliche, ebene Wiesenfläche von inselförmig hoch oder niedrig aufragenden Kuppen unterbrochen, welche nicht aus Alluvium, sondern aus Diluvialmassen bestehen, und die sich als stehen gebliebene Reste des nachbarlichen Diluvialplateaus ebenso wie die gleich beschaffenen Halbinseln und Zungen zu erkennen geben."

Im Gegensatz zu Geinitz kommt A. Jentzsch bezüglich der Seen und Seenthäler Ostpreussens zu dem Ergebnisse, dass dieselben auf Grabenversenkungen des Untergrundes mit nachfolgender Erosion zurückzuführen seien[1]). Es kann durchaus nicht in Abrede gestellt werden, dass auch dieses Moment in Wirksamkeit getreten sein mag, ebensowenig, wie nach Wahnschaffe auf dem baltischen Landrücken auch echte Moränenseen anzutreffen sind[2]), und manche mit Torf gefüllte Einsenkungen in dem tieferen Teile der Oberfläche des Geschiebemergels ursprüngliche Depressionen der Grundmoräne und erloschene Moränenseen sein mögen; doch sind im ganzen diese Bildungen nur verhältnismässig selten.

Mit Rücksicht auf die Art und Weise ihrer Entstehung giebt Prof. Geinitz folgende Klassifikation der Binnenseen:

1. Seen, welche eine Wasserfüllung schon vorhandener Bodenpressionen, die nicht Erosionsformen sind, darstellen. Man könnte sie als die Gruppe der „Senkungsseen" bezeichnen. a. Solche Depressionen können muldenförmige Gebirgsfalten, Einsturzareale (Pingen) oder Krater sein (Falten- (Mulden-) Seen, Pingenseen, Kraterseen, z. B. Kölpin, Salzsee, Totes Meer, Probst Jesarer See, Eisfelder See, Laacher See). Die Einsturzlöcher sind meist klein; die alte Anschauung, dass unsere Seen meistens durch Einstürze gebildet seien, ist ein mit der Katastrophentheorie überwundener Standpunkt. b. Die Depressionen können durch allgemeine säkulare Landsenkung unter den Meeresspiegel gelangen und von Meer- oder Brackwasser erfüllt werden (z. B. Strandseen der Ostseeküste, durch Dünen abgeschnittene selbständige Binnenseen oder Mündungstrichter, nicht „Exklaven" des Ozeans, sondern erst durch Senkung in das Bereich des Meeres gelangt, mit Einwandern mariner Formen, nicht Relikten). — 2. Seen, durch säkulare Hebung vom Meere abgetrennt = „Reliktenseen". — 3. Seen, gebildet durch Absperrung eines Erosionsthales oder durch Zusammentreffen zweier Flussläufe in einer Niederung = „Stauseen". a. Das Thal ist durch die Moräne eines querverlaufenden Thales abgesperrt; b. durch Gletschereis eines Querthales. a. und b. sind „Querstau-

---

[1]) Schriften d. naturforsch. Gesellsch. zu Danzig 1888. 7. p. 167.
[2]) Jahrbuch der Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt 1887. p. 363.

Digitized by Google

seen". Das Thal wird innerhalb seiner Erstreckung abgesperrt („Längsstau") durch c selbständigen Alluvialzuwachs, seitliche Zuschüttung u. dergl. = „Flussseen". d. Eine vordere Endmoräne = Moränenseen im engeren Sinn. — 4. Seen mit mehr oder weniger isolierter Bodenaustiefung, die nicht einem längeren, echten Stromlauf angehört; Bodenevorsion, durch vertikal wirkende Kräfte verursacht = „Evorsionsseen". a. Durch Eiserosion gebildet = „Gletscherseen im engeren Sinn"; b. durch strudelnde Wässer = eigentliche Evorsionsseen, „Kesselseen", „Wannenseen", kombinierte Kessel u a. Damit sind in der That die Bildungsmöglichkeiten der Seen so gut wie erschöpft, und man erkennt, dass manche Seen die Kombination mehrerer Typen darstellen, und ebenso, dass mehrere Typen im gleichen Gebiete neben einander auftreten können und werden.

Der Genfer See, seit vielen Jahren ein Hauptarbeitsfeld von F. A. Forel, ist von diesem bezüglich seines Ursprungs als Erosionssee erkannt worden[1]). In Übereinstimmung mit L. Rütimeyer glaubt Prof. Forel, dass die Aushöhlung des Rhonethales, besonders die Schlucht des Unteren Wallis von Martigny bis zum See, ein Ergebnis des fliessenden Wassers sei. In einer früheren Epoche der Erdbildung sind nach Forel die Zentralalpen 500 *m* höher gewesen wie heute, und die grossen Thäler, die sich damals bildeten, reichten bis zum Boden der grössten subalpinen Seen. Der Genfer See hat damals das Thal des Wallis bis Sieders ausgefüllt und vielleicht bis Brieg. Dann wäre dieser in eine Reihe von Seen aufgelöst worden, die zurückgehalten wurden durch die alluvialen Barren der Gebirgsströme des Illgraben und Bois-Noir. Diese Seen sind nach einander ausgefüllt worden durch die Anschwemmung der Rhone und ihrer Nebenflüsse, und der jetzige Genfer See ist endlich der letzte Rest dieses Ausfüllungsvorganges. Die Lage des Endpunktes des Genfer Sees ist nach Forel fixiert worden durch barrenbildende Anschwemmung der Arne nach Art der gleichartigen Barren, die man am Ausflusse aller subalpinen Seen des Nordabhanges der Alpen antrifft. Was das komplizierte Relief des Kleinen Sees betrifft, der aus einer Reihe von wenig tiefen Becken besteht, die durch wenig vorspringende Barren getrennt sind, so schreibt Forel dasselbe den Gletschermoränen zu, welche während des Rückganges des grossen Rhonegletschers in diesem Teile des Thales abgelagert wurden. Was das Volum des Genfer Sees anbelangt, so beträgt es sehr nahe 90000 Millionen Kubikmeter bei einer Oberfläche von 578 *qkm*. Die Wasserzufuhr der Rhone schwankt zwischen 180 und 200 *cbm* pro Sekunde, so dass dieser Fluss 15 Jahre gebrauchen würde, um das Seebassin zu füllen. Die Zufuhr an Sedimenten ist im Juli am grössten, im Dezember

---

[1]) Archives des sciences physiques et naturelles [3.] **23.** p. 184. 1890.

am geringsten und beträgt im Jahresmittel 168 *kg* pro Sekunde, also 5297000 *t* im Jahre, bei einem spezifischen Gewicht von etwa 2.6, was ein Volum an fester Substanz von 2038000 *cbm* ergiebt. Der See würde also in 45000 Jahren ausgefüllt sein müssen, umgekehrt aber kann man auf Grund derselben Daten schliessen, dass das System Rhone-Genfersee noch nicht sehr alt sein kann, da sonst der See längst ausgefüllt wäre.

Über die topographischen Verhältnisse und den Zu- und Abfluss des Chiemsees verbreitete sich E. Bayberger[1]). Die Oberfläche seines Wasserspiegels ist sehr veränderlich und hängt in hohem Grade von den alpinen Einflüssen ab. Bei Niedrigwasser umfasst sie 8080, bei Hochwasser 9500 *ha*. In vorgeschichtlicher Zeit hatte der See ein bedeutend höheres Niveau, nach dem Rückzuge der diluvialen Gletscher stand es vielleicht 100 *m* höher als jetzt[2]), später sank der Seespiegel und nahm einen stabilen Charakter an, dann stieg er dagegen wieder bei gleichbleibender Wassermenge, indem die Arthne fortwährend Schlamm und Sand herbeiführte und den Seeboden erhöhte. Nach den Messungen von E. Bayberger ist die grösste Tiefe des Sees 73.6 *m*, und das Gesamtvolum berechnet derselbe auf 2204427000 *cbm*, die durchschnittliche Tiefe auf 24.5 *m*.

„Diese für den grössten See Bayerns so geringe mittlere Tiefe lässt es uns auch erklärlich erscheinen, dass der Chiemsee nicht, wie zu erwarten wäre, dass grösste Wasservolum besitzt, sondern in dieser Hinsicht von dem viel kleineren Starnberger See übertroffen wird. Immerhin aber ist die Wassermasse eine ganz immense, und man kann sich von der Grösse derselben annähernd eine Vorstellung machen, wenn man beispielsweise berechnet, wie lange München aus dem Chiemsee mit Wasser versorgt werden könnte. Da man für München bei Anrechnung aller Bedürfnisse das durchschnittliche disponible Wasserquantum pro Kopf und Tag auf 150 *l* normiert, so würde der Chiemsee, diese Stadt bei 260000 Einwohnern 154 Jahre lang mit Wasser versehen. Denken wir uns das ganze Becken entleert, so hätten alle Zuflüsse des Chiemsees 1 Jahr 177 Tage zu fliessen, um ihn wieder zu füllen. Das Gewicht der ganzen Wassermasse stellt sich, da das spezifische Gewicht des Chiemseewassers, das Herr Rektor Dr. Heut in Passau mit Westphal'scher Wage und Reimann'schem Senkkörper zu bestimmen die Freundlichkeit hatte, bei 15°C 1.0025 beträgt, auf 2209937633 *t*, und wenn man die Tragkraft eines Güterwagens mit 10 *t* annimmt und 50 Wagen einen Eisenbahnzug bilden lässt, so wären 4419875 Eisenbahnzüge nötig, um die ganze Wassermasse fortzuschaffen. Denkt man sich diese Eisenbahnzüge an einander gereiht, so würden dieselben 38mal die ganze Erde umspannen."

Bezüglich der Entstehung des Chiemsees kommt E. Bayberger zu der Überzeugung[3]), dass das Becken des Sees durch Gletschereis erodiert worden sei, dass also für ihn dieselben Entstehungsweisen gelten, welche Penck für die grossen bayerischen

---

[1]) Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1888. p. 1 u ff.

[2]) Dr. Bayberger, Der Inngletscher. (Petermann's Mitteilungen, Ergänzungsband 15. p. 70.)

[3]) Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1889. p. 50.

Digitized by Google

Seen mit Ausnahme des Königssees nachgewiesen hat[1]). Der Chiemsee liegt nach E. Bayberger im Wege eines diluvialen Gletschers. Dieser Weg zeigt von Anfang bis zum Ende alle Gletscherspuren. Diese verleihen dem Chiemsee ein selbständiges, geologisches Gepräge. Der 600 *m* mächtige Gletscher war im stande, mit seiner Grundmoräne die weiche Süsswassermolasse auf 103 *m* Tiefe auszufurchen. Er schuf zunächst ein Doppelbecken, eine grosse, regelmässige Ostmulde und beeinflusste durch den Inngletscher ein kleines unregelmässiges Westbecken. Über die weiteren Umgestaltungen verbreitet sich der Verf. eingehend und kommt zu dem Schlusse, dass der Chiemsee nach etwa 14000 Jahren vollständig verschwunden sein wird. Er bildet wie das ganze Seenphänomen der Erde nur einen vorübergehenden Schmuck der Landschaft, allerdings doch Völker und Staaten überdauernd.

Die Seen der hohen Tatra bilden eine ganz eigentümliche Klasse von kleinen Gebirgsseen, die dem ungarischen Hochgebirge einen hohen landschaftlichen Reiz gewähren Von hohen, steilen Felsen umrahmt, entsprechen die kleinen, klaren Wasserspiegel diese zahlreichen Tümpel sehr gut der Bezeichnung „Meerauge“. Die Becken dieser Seen sind nach S. Roth[2]) entweder im anstossenden Gestein ausgehöhlt, also erodiert, oder sie sind, durch Schutt und Geröll gebildet, Produkte der zurückweichenden Gletscher. Im allgemeinen sind diese letzteren Moränenseen jüngeren Alters wie die Erosionsseen. Gegenwärtig kennt man 115 dieser kleinen Becken, von denen 78 auf der Süd- und 37 auf der Nordseite liegen. Die Namen der einzelnen Seen entstammen meist einer besonderen Eigentümlichkeit derselben, so dass manche, die keine auffallende Eigenschaft besitzen, namenlos sind. In den meisten Fällen erhielt der See von der Farbe seines Wassers den Namen, und da mehrere Seen gleiche Farbe haben, stimmt auch ihr Name überein. „So giebt es fünf Grüne, vier Schwarze, zwei Blaue, zwei Rote, einen Gelben und einen Weissen See. Mehrere Seen, die den grössten Teil des Jahres hindurch mit Eis und Schnee bedeckt sind, heissen Gefrorener oder Eis-See. Einige Seen wurden nach ihrer Gestalt benannt, z. B. der Trichter-See, die drei Langen-Seen u. s. w. Manche Seen erhielten von dem Thal, in welchem sie sich befinden, andere von der Gruppierung (fünf Seen) und wieder andere von der gegenseitigen Lage (vordere, hintere) ihre Namen. Mehrere Seen führen den Namen Frosch- oder Kröten-See, welche Bezeichnung wahrscheinlich von den in manchen Karpathen-Sagen eine grosse Rolle spielenden Fröschen stammt. Der Fisch-See erhielt seinen Namen von den zahlreich darin vorkommenden Forellen. Einige

[1]) Penck, Vergletscherung der deutschen Alpen.
[2]) Mitteilungen der geogr. Gesellschaft in Wien 1888. p. 199.

Digitized by Google

Namen sind neueren Datums, Wahlenberg-See, Stille-See, Szentiványi-See etc. Einige Seen führen mehrere Namen, so heisst der Popper-See auch Mengsdorfer See, und die Polen nennen ihn Kleinen Fisch-See. Der Fisch-See führt bei den Polen den Namen Meerauge und das Meerauge Schwarzer-See. „Die Farbe der Seen wurde bisher noch nicht genügend gewürdigt; zumeist begnügte man sich, irgend eine vorherrschende oder am meisten ins Auge fallende Farbennuance als die Farbe des Sees anzugeben, Untersuchungen über die Ursache der verschiedenen Farben wurden bisher überhaupt noch nicht angestellt. Wir sind in dieser Hinsicht ausschliesslich auf jene Resultate angewiesen, die Bunsen Beetz, Wittenstein und Spring an den Tag förderten. Auch bezüglich der Durchsichtigkeit des Seewassers besitzen wir nur sehr wenige Daten. Dzierwulszky erwähnt im Jahrbuche des galizischen Tátra-Vereines (IV. Jahrg., p. 122), dass er im Fisch-See bei klarem Himmel noch in einer Tiefe von 15 *m* das Senkblei sah, während es bei trübem Wetter nur bis zu einer Tiefe von 10 *m* zu sehen war. Im Meerauge konnte er das Senkblei selbst an den hellsten Tagen bloss bis zu einer Tiefe von 10 *m* beobachten". (V. Bd., p. 41). Nicht viel günstiger stehen die Verhältnisse in Bezug auf die Temperatur der Seen. Einige Seen sind den grössten Teil des Jahres hindurch mit Eis bedeckt, ja es giebt sogar manche, deren Eiskruste nur in besonders günstigen Sommern schmilzt. In den Wintermonaten ist jeder Tátra-See zugefroren, und die seichteren Seen erstarren bis auf den Grund. Nach den Beobachtungen E. Blasy's war der Grüne See des Weiss-Wasserthales im Winter 1845—46 gänzlich zugefroren, die Eisdecke zeigte im östlichen Drittel eine muldenförmige Einsenkung, und an der tiefsten Stelle der Eisrinde war ein 5—6 *qm* grosser, deutlich begrenzter, seichter Wassertümpel zu sehen. Die kristallreine, 35—40 *cm* dicke Eisdecke war von 4—5 *cm* weiten Sprüngen durchzogen. In demselben Winter, nur etwas später, jagte Blasy in der Umgebung des Steinbach-Sees. Auch hier fand er die Eisdecke zersprungen; die Sprünge schienen von aus dem Seeboden herausragenden Felsblöcken auszugehen. Dieser See war ganz wasserleer, und die Eisdecke dürfte eine Dicke von 50—60 *cm* gehabt haben. Im Jahre 1873 besuchte er den Felkaer-See, der ebenfalls ganz trocken war. Die Eisdecke senkte sich vom Ufer nach der Mitte zu und bildete ebenfalls eine im grossen muldenförmige Vertiefung, die durch die hervorstehenden Blöcke des Seebodens unterbrochen wurde. An mehreren Stellen waren diese Blöcke von Eisschollen mantelförmig umgeben. Die Dicke des Eises dürfte 90 *cm* betragen haben, und die dasselbe durchkreuzenden Sprünge waren so breit, dass man sich durch dieselben auf den Boden des Sees hinablassen konnte. Die Eisverhältnisse des Esorbaer-Sees hatte Blasy vier Winter hindurch Gelegenheit zu beobachten. Die daselbst arbeitenden

Digitized by Google

Zimmerleute schlugen Löcher in die Eisdecke, welche ungefähr 1 *m* dick war, jedoch nicht jenen Grad von Reinheit und Durchsichtigkeit besass, als das Eis der früher erwähnten Seen. Über die Tiefe der Seen waren einst und sind auch zum Teil noch jetzt sehr irrige Ansichten verbreitet, wie das die vorgenommenen Messungen beweisen. Die grösste Tiefe fand man bisher im grössten See der Hohen Tátra, im sogenannten Grossen-See (in der Gruppe der polnischen fünf Seen); dieselbe beträgt 78 *m*. Die meisten Tiefseemessungen in der Tátra hat der Warschauer Professor Dr. Dziewulsky vorgenommen. Ihm verdanken wir eine genaue Kenntnis der Tiefenverhältnisse des Fisch-Sees, des Meerauges, der polnischen fünf Seen und des Schwarzen Sees im Suchawoda Thale. Die Resultate sind im Jahrbuche des Galizischen Tátra-Vereins (Jahrg. 1879, 1880, 1881 und 1882 publiziert). Auf der Südseite erwarb sich Dr. Dionysius Dezso Verdienste um die Erforschung der Seen. Er untersuchte den Esorbaer, Popper, Felkaer und Smrecsiner See. Die grösste Tiefe der bisher gemessenen Seen ist in der weiter unten folgenden Tabelle mitgeteilt. Ausser den direkten Messungen sind auch jene Beobachtungen in Betracht zu ziehen, welche einige Touristen in Bezug auf die Tiefe der Seen machten. Das Sinken des Wasserspiegels hat nämlich nicht nur eine Abnahme der Ausdehnung des Sees zur Folge, sondern gestattet oft einen genauen Überblick über die Bodenverhältnisse des Seebeckens oder doch wenigstens Schlüsse auf die Konfiguration des mit Wasser bedeckten Teils des Seebodens. Neben diesem periodischen Wechsel der Seetiefe sind auch jene konstanten Veränderungen in Betracht zu ziehen, die ein fortwährendes Seichterwerden der Seen zur Folge haben. Durch Ablagerung von Schutt, Gerölle, Sand und Schlamm auf den Boden des Sees wird derselbe immer mehr erhöht, und durch fortwährendes Tieferfeilen des Abflusses wird das Niveau des Seespiegels gesenkt. Beide Veränderungen verursachen eine Abnahme der Wassermengen. Wenn dieser Prozess lange anhält, treten die Erhöhungen des Seebodens als Inseln hervor, und im weiteren Verlauf der Entwässerung bleiben nur noch einige Sümpfe von der einstigen See zurück, die bei trockener Witterung oft gänzlich verschwinden. Für die verschiedenen Phasen dieses Erlöschens der Seen bietet die Hohe Tátra zahlreiche Beispiele. Da der Spiegel der Seen Veränderungen unterworfen ist, bleibt auch ihre Ausdehnung nicht konstant. Auf der weiter unten folgenden Tabelle ist das Flächenmass einiger Tátra-Seen auf Grund der Katastralkarte angegeben.

Die Seen im oberen Gebiete des Tayflusses (Loch Rannoch, Loch Tummel, Loch Tay und Loch Earn) sind bezüglich ihrer Reliefverhältnisse von Wilson untersucht worden[1]. Die

[1]) Scott. Geogr. Magazine **4.** p. 251 u. ff.

Digitized by Google

grösste Tiefe erreicht Loch Tay mit 155 *m*, die geringste Loch Tummel bei 38 *m*. Wilson kommt zu dem Ergebnisse, dass diese Felsenseen durch Gletscher ausgehöhlt worden seien, doch erscheint dieser Schluss nach Lage der Sache keineswegs zwingend.

Die Temperaturverhältnisse der grossen italienischen Seen sind von Forel studiert worden[1]). An der Oberfläche schwankte deren Wasserwärme vom 4.—12. September 1889 zwischen + 20° und + 22° C., während am Boden folgende Temperaturen beobachtet wurden:

Lago Maggiore	+ 5.7° C.	Vierwaldstätter See	+ 4.6° C.
Lago di Como	+ 6.1°	Genfer See	+ 4.7°
Lago di Lugano	+ 5.3°.		

Der nur 13 *m* tiefe Lago di Piano, welcher in der Nähe des Luganersees und nur unwesentlich höher als dieser liegt, soll in jedem Winter zufrieren und sogar Monate lang gefroren bleiben, eine Thatsache, die doch noch sehr der Bestätigung bedarf.

Die beiden Mansfelder Seen bei Eisleben sind von W. Ule untersucht worden[2]). Sie nehmen die tiefste Senke des sich südöstlich an den Harz anlagernden Mansfelder Hügellandes ein. Der grössere, „Salzige See“, hat ein Areal von 8.8 *qkm* und liegt 88.9 *m* über der Nordsee, der kleinere, „Süsse See“, hat 2.62 *qkm* Oberfläche und liegt 94.2 *m* über der Nordsee. Das Wasser beider Seen ist klar, durchsichtig und fast farblos. Das spezifische Gewicht des Wassers vom Salzigen See ist 1.0015, das des Süssen Sees 1.0026, letzteres ist durch grösseren Gehalt an Chloralkali ausgezeichnet. Dieser hohe Salzgehalt ist erst in den letzten Jahrzehnten entstanden, seit um Mitte der siebziger Jahre die Wasser aus den Mansfelder Bergwerken durch Stollen dem See zugeführt wurden. Im Jahre 1876 war dem See durch diese Wasser so viel Salz zugeführt worden, dass die Bäume und Sträucher an dem Ufer eingingen, und die Fische in dem See starben. Auf eine Beschwerde der umwohnenden Fischer wurden die Stollenwasser direkt in die Saale geleitet, seit welcher Zeit der Salzgehalt des Wassers wieder abgenommen hat.

Salzfrei war nach Ule's Meinung der See übrigens wohl nie, sondern nur minder salzhaltig als der andere. Letzterer verdankt seinen Salzgehalt zahlreichen salzhaltigen Quellen, welche teils sichtbar am Ufer, teils unsichtbar unter dem Seespiegel hervorbrechen und den Gips- und Salzlagern des Zechsteines, der das ganze Gebiet um die Mansfelder Seen unterteuft, entstammen. Die Tiefenverhältnisse der Seen sind von Ule zum ersten Male genau ermittelt worden. Die grösste Tiefe des Süssen Sees ist 7.7 *m*, die des anderen 18 *m*, und die Boden-

---

[1]) Rendiconti del R. Istituto Lombardo **22.** 1889.
[2]) Die Mansfelder Seen. Inaugural Dissertation. Halle 1888.

Digitized by Google

plastik ist bei beiden sehr einfach. Ihr Wasser erhalten die Seen durch mehrere Bäche und Quellen, entwässern aber nur durch einen einzigen Abfluss. Bezüglich der Entstehungsursache beider Seen kommt Ule zu dem Ergebnisse, dass dieselben durch eine hebende und somit das Wasser in den Flussthälern aufstauende Bodenbewegung, dann aber auch infolge der auslaugenden Kraft des Wassers und der damit verbundenen teils plötzlichen, teils allmählichen Senkung des Bodens gebildet wurden.

Die Tiefenverhältnisse der Masurischen Seen sind ebenfalls von W. Ule untersucht worden[1]. Orographisch ist Masuren ein Teil der grossen längs der Südküste der Ostsee sich hinziehenden baltischen Seenplatte, welche gerade hier ihre höchste Erhebung zeigt Nachdem dieser norddeutsche Höhenzug in dem heute von der Weichsel durchflossenen Thale eine tiefe Einsenkung erfahren hat, erhebt er sich als preussische Seenplatte oder auch als Masurischer Landrücken parallel zu dem pommerschen Höhenzug, bis zu einer mittleren Höhe von etwa 200 *m*. Doch nicht in überall gleicher Höhe durchzieht die Gebirgsschwelle das Land; an mehreren Stellen erfährt dieselbe bedeutende Einsenkungen.

In den höher sich erhebenden Gebieten Masurens finden sich zahlreiche, oft zu Hügelreihen vereinte Berge, welche dem Lande zuweilen einen so wirren Ausdruck geben, dass die Bewohner des ebeneren Landes demselben sehr treffend die Bezeichnung „bucklige Welt“ beigelegt haben. Zwischen den zahlreichen Hügeln befinden sich naturgemäss vielgestaltige Becken, die meist von Wasser ausgefüllt sind, häufig aber auch von Mooren eingenommen werden. Diese bald kreisrunden, bald länglich geformten Vertiefungen vereinigen sich zuweilen zu grösseren Bodensenken, die, wenn sie ebenfalls mit Wasser angefüllt wurden, dann jene grossen, weit ausgedehnten Seen bilden. Neben solchen, weite Flächen bedeckenden Seen erblicken wir im Masurenland auch eine Anzahl lang gezogener, flussartiger Wasserrinnen das Land durchziehen. Ist der Spirding See ein vortreffliches Beispiel für Flächenseen, so haben wir in unmittelbarer Nähe in der langen Kette des Rhein'schen Sees, Talter-Gewässers- und Beldahn Sees ein ausgezeichnetes Bild eines Flusssees, wie wir jene Wasserbecken, ohne dabei auf den Ursprung hinzuweisen, kurz nennen wollen. Diese flussartigen Seenketten bilden oft eine in sich zurücklaufende Linie, was durch einen Blick auf die Karte leicht erkannt werden kann. Eine grosse Anzahl kleiner, selbständiger Wasserbecken trägt endlich zur Belebung des Landschaftsbildes noch wesentlich bei. Die Seen Masurens stehen unter einander vielfach in einer natürlichen oder künstlichen Verbindung. Es ist besonders in dem Gebiete der grossen Seen

[1]) Jahrbuch der Kgl. Preuss. geolog. Landesanstalt 1889.

Digitized by Google

mitten durch den Landrücken hindurch eine grossartige Wasserstrasse geschaffen. Vom Spirding See kann man durch das Talter-Gewässer auf Kanälen durch den Taltowiskosee, Schimonsee in den Jagodner- und Löwentinsee gelangen. Von hier aus führt ein kurzer Kanal weiter in den Kissainsee, der durch den Dargainen- und Kirsaitensee mit dem Mauersee verbunden ist, somit also durch die Angerapp einen Schiffahrtsweg nach dem Pregel gestattet. Auf der anderen Seite entwässert dagegen der Spirdingsee durch die Pissek nach Polen zu ab. Nur wenige Meter hätte der Spiegel der grossen masurischen Seen sich zu erheben brauchen, um diese von Menschenhand geschaffene Wasserstrasse sich selbst zu bilden. So mannigfaltig auch die orographischen Verhältnisse des Landes gestaltet sind, so einfach erscheint sein geologischer Aufbau. Nirgends tritt uns in Masuren das Grundgebirge entgegen; überall ist dasselbe von einer über 100 *m* mächtigen Diluvialdecke verhüllt. Sande, Grande und Lehme bilden im bunten Wechsel die Oberfläche des Landes. Zuweilen treten auch mächtige Geröllanhäufungen an ihre Stelle. Am häufigsten ist jedoch der sogenannte obere Geschiebemergel, die Deckschicht sowohl auf den Gipfeln der Berge wie auf dem Boden der Senken und Mulden. Nicht selten wird dieser Geschiebemergel von Sanden durchragt. Aus der Schilderung der orographischen und geologischen Verhältnisse Masurens geht deutlich hervor, dass wir es hier mit jener typischen Landschaft zu thun haben, für welche die neueren Geologen die Bezeichnung „Moränenlandschaft" eingeführt wissen wollen, indem sie das vorhandene Gesteinsmaterial als die Grundmoräne der grossen Vereisung Norddeutschlands auffassen. Diese Oberflächengestalt, durch welche die preussische Seenplatte gekennzeichnet wird, finden wir aber überall in dem baltischen Landrücken in mehr oder weniger veränderter Form wieder, und man ist wohl berechtigt, aus der Gleichartigkeit der Landschaft auch auf die einheitliche Entstehung derselben zu schliessen.

Deshalb haben die Tiefenmessungen Ule's in einigen Masurischen Seen eine allgemeine Bedeutung, besonders für die Prüfung der bisherigen Theorien über die Entstehung der Oberflächengestalt im norddeutschen Flachlande.

Was nun die allgemeinen Ergebnisse anbelangt, so findet Ule, dass die Oberflächengestaltung unterhalb des Seespiegels vollständig derjenigen oberhalb desselben entspricht. „Einer sanftwelligen Uferlandschaft entspricht stets auch ein gleichmässig gestalteter Seeboden, während die typische, „bucklige Welt" in der Umrandung auch in dem Tiefenverhältnisse des Sees entgegentritt. Ein Sinken oder Steigen des Wasserspiegels würde also den Charakter der Landschaft nicht zu verändern im stande sein. Als ein weiteres, nicht unwichtiges Ergebnis der Lotungen ist der Nachweis zu bezeichnen, dass die lang-

Digitized by Google

gestreckten, flussartig gestalteten Becken auch in dem Bodenrelief der Flächenseen vorhanden sind. Am deutlichsten zeigt sich eine solche lang ausgestreckte Einsenkung in dem nördlichen Teile des Mauersees. Aber auch in dem Kissainsee, dem Darpainensee und dem Löwentinsee sind rinnenartige Vertiefungen zu finden, die freilich entsprechend der sanftwelligen Umgebung eine meist ziemlich breite Sohle aufweisen. Eine Senkung des Wasserspiegels würde hier also an Stelle des Flächensees mehr oder minder schmale Flussseen schaffen.

Die Übereinstimmung der Bodengestalt deutet an, dass für die Entstehung der Seebecken wie für die Bildung der Oberflächengestaltung des Landes die gleichen Ursachen anzunehmen sind. „Nicht in ein vorher ebenes Land sind die Seebecken eingegraben, sondern sie sind nichts weiter, als die in den tiefsten Stellen eines auf irgend eine Weise ausserordentlich mannigfaltig gestalteten Landes angesammelten Wassermengen, welche auch als das zu Tage tretende Grundwasser betrachtet werden können. Es sind Wasseransammlungen, die nur ihrem verhältnismässig jugendlichen Alter ihre Fortdauer bis in die Jetztzeit verdanken. Einmal reicht die in diesem Gebiet niederfallende Regenmenge nicht aus, um den Seen, die zur Zeit ihres Entstehens wohl meist abflusslos waren, genügend tiefe Abflussrinnen zu graben, dann aber gestattet auch der vielfach sandige und durchlässige Diluvialboden dem Wasser ein unterirdisches Abströmen, so dass nur ein geringer Teil des atmosphärischen Niederschlages wirklich zur Erosionswirkung gelangen kann."

Auf Grund der orographischen Verhältnisse des Masurenlandes kommt Ule bezüglich der Bildung der Seen zu folgendem Schlusse: „Die grossen orographischen Züge des Landes sind wahrscheinlich durch die jüngstzeitlichen tektonischen Vorgänge in der Erdkruste hervorgebracht worden, unabhängig davon haben dann die von N. vordrängenden Gletscher durch Aufschüttung und Ausräumung die grossen Bodensenken des Landes geschaffen, allmählich erweitert und vertieft; vorwiegend aber hat die erodierende Kraft der Schmelzwässer, welche in verhältnismässig geringen Massen, doch während langer Zeit in häufig wechselnden Strombetten zur Wirkung kamen, dem Boden die jetzige Gestalt gegeben, wobei die liegengebliebenen Eisschollen und das wahrscheinlich noch in dem Gletscher eingegrabene Gesteinsmaterial zur Vervielfältigung der Oberflächenformen beitrug und ausserdem auch einige durch grössere Neigung des Bodens entstehende Wasserfälle in die sonst ebene Thalung tiefere Löcher eingruben."

Die Tiefenverhältnisse einer Anzahl Salzburger Seen sind von E. Fugger ermittelt worden[1]. Mehrere Seen

[1]) Mitteil. d. Ges. f. Salzburger Landeskunde **30.** 1890.

Digitized by Google

(die 3 Mattseen, der Wallersee, der Zellersee und einige andere) sind schon früher von Steinhauser gelotet worden, und stellte Fugger die Ergebnisse in Isobathen dar. Beim Wallersee ist das ganze Becken zwischen den umgebenden Höhen mit glazialen Gebilden gefüllt Die grösste Tiefe beträgt 23.4 *m*. Der $4^3/_4$ *qkm* grosse Zellersee, „die Perle des Salzburger Landes", ist bis zu 74 *m* tief. Durch drei Bäche werden ihm jährlich mindestens 6000 *cbm* Schutt zugeführt, so dass er im Laufe von 20000 Jahren eingehen müsste; eine Verengung im nördlichen Teile (zwischen Zell und Thumersbach) dürfte nach der Meinung von Fugger schon in 500—600 Jahren zu einer Abschnürung werden.

Die Erforschung der alpinen Seen ist seit dem Vorgehen der württembergischen Regierung (1886) bezüglich der Untersuchung des Bodensees in eine neue Epoche eingetreten. Bis jetzt haben sich nur einzelne dem Studium dieser Seen gewidmet, darunter vor allem Forel, Simony und Geistbeck, welche mehr systematisch gearbeitet haben. Das meiste bleibt noch zu thun, und in dieser Beziehung hat Forel ein Programm aufgestellt. das bei den staatlicherseits in Aussicht genommenen Arbeiten als Grundlage dienen kann[1]). Hiernach sollen sich die Arbeiten erstrecken auf folgende Punkte:

1. Untersuchung des Bodens (Lotungen und Bodenproben). 2. Analyse des Wassers. 3. Temperaturbestimmungen der Oberfläche und in der Tiefe, letztere mittels des Negretti-Zambra'schen Umkehrthermometers. 4. Durchsichtigkeit des Wassers (mittels einer weissgestrichenen Metallscheibe von 30 *cm* Durchmesser, deren Verschwinden und Wiedererscheinen in der Tiefe bestimmt wird, ferner Anwendung von Chlorsilberplatten zur Bestimmung der absoluten Dunkelheitsgrenze). 5. Fauna und Flora 6. Seiches (am Bodensee Ruhss genannt). 7. Pegelbeobachtungen. Über die Untersuchungen nach diesem Progamm ist bis jetzt noch nichts bekannt geworden.

Schwankungen im Wasserstande. Die Hydrographen haben schon seit geraumer Zeit bemerkt, dass der Wasserstand in mehr oder minder vom offenen Ozean abgeschlossenen Meeresräumen im Jahreslaufe sowohl als in verschiedenen Jahren veränderlich ist. So zeigt die Ostsee eine deutliche Jahresperiode, und zwar ist die Bewegung der mittleren Wasserstände von Monat zu Monat bei allen Stationen nahezu parallel. Diese Schwankungen können daher nicht Folge lokaler Windbewegungen sein, sondern sie zeigen notwendig eine wirkliche Änderung des Wasservolums der Ostsee an. Seibt, welcher sich vor einigen Jahren mit dieser Frage beschäftigte, glaubte, die Schwankungen auf eine jährlich wiederkehrende Flutwelle zurückführen zu müssen,

---

[1]) Übersetzung und Auszug daraus, von E. Richter, in den Mitteil. des Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1890. Nr. 9.

auf eine Verschiebung der Wassermassen der Weltmeere im Sommer der Nordhemisphäre von der südlichen auf die nördliche, im Winter umgekehrt von der nördlichen auf die südliche Halbkugel. Zu ähnlichen Ansichten gelangte v. Baeyer. Eine neue und sehr eingehende Untersuchung dieser Wasserschwankungen hat nun Dr. Eduard Brückner ausgeführt und ist dabei zu ebenso interessanten, als wichtigen Ergebnissen gekommen.[1]) Er zeigt nämlich zunächst die überwiegende Bedeutung der Wasserführung der Flüsse für den Wasserstand an drei europäischen Meeren, dem Kaspisee, einem jeder Verbindung mit dem Ozean entbehrenden Gewässer; dem Schwarzen Meere, das nur durch den schmalen und wenig tiefen Bosporus unvollkommen mit dem Ozean in Verbindung steht, und der Ostsee, deren Verbindung mit dem Atlantischen Weltmeere eine verhältnismässig freiere genannt werden kann. Was zunächst das Kaspische Meer anbelangt, so standen zur Prüfung der Jahresschwankung Pegelmessungen zu Baku (25 Jahre) und zu Aschur-Ade in der Bucht von Astrabad (17 Jahre) zur Verfügung. Beide zeigen mit grosser Übereinstimmung den niedrigsten Wasserstand im März, den höchsten im Juli und August. Die Schwankung erreicht 0.3 *m*, und die Volumänderung der Wassermasse berechnet sich auf 165 Kubikkilometer oder 0.4 einer geographischen Kubikmeile. Dass die Ursache dieser grossen, Jahr für Jahr mit fast absoluter Gleichförmigkeit sich vollziehenden Schwankung in der jährlichen Periode der Wasserzufuhr durch die Flüsse, vor allem durch die Wolga, zu suchen ist, bedarf kaum eines Wortes. In der That ist hier wie dort der Winter die Zeit niedrigen, der Sommer diejenige hohen Wasserstandes. Letzterer tritt aber im Kaspischen Meere 1 $^1/_2$ Monat später ein als bei der Wolga, wie es notwendig der Fall sein muss, indem der Meeresspiegel auch nach dem Hochwasser des Stromes so lange steigt, bis gegen den Spätsommer die zunehmende Verdunstung von der Meeresfläche gleich der schon abnehmenden Wasserzufuhr wird. Nicht ganz so selbstverständlich ist die Abhängigkeit der jährlichen Schwankung von der Wasserführung der Zuflüsse beim Spiegel des Schwarzen Meeres. Allein auch hier zeigt Dr. Brückner den Zusammenhang beider Erscheinungen. Auf April und Mai fällt der höchste Stand der Flüsse, auf Juni derjenige des Pontus. Sehr viel verwickelter gestalten sich die Verhältnisse an der Ostsee, entsprechend dem Umstande, dass dort die Verbindung mit dem Ozean eine freiere ist. Trotz der gewundenen Gestalt dieses Beckens vollziehen sich die Schwankungen im Laufe des Jahres an den verschiedenen Punkten der Küste in gleichem Sinne: im Sommer finden wir den höchsten, im Frühjahr den tiefsten Stand. Ein Vergleich dieser Schwankungen mit denjenigen des Wasser-

[1]) Gaea **24.** p. 740.

Digitized by Google

standes der grossen deutschen Ströme, die in die Ostsee münden, lehrt aber, dass die Wasserführung dieser Flüsse dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen kann. Auch die skandinavischen Ströme haben keinen entscheidenden Einfluss. Brückner sieht sich deshalb zu der Annahme gezwungen, dass der niedrige Frühjahrsstand der Ostsee doch wohl mit dem dann stattfindenden Vorherrschen der Ost- und Nordostwinde und der hohe Wasserstand des Sommers wenigstens zum Teil mit den dann ihre grosse Beständigkeit erlangenden Westwinden in Beziehung zu bringen sei. Alle diese Ergebnisse zeigen im allgemeinen nichts Auffälliges. Sehen wir uns aber die Schwankungen des Wasserstandes im Laufe vieler Jahre an, so ändert sich die Sache, wie Dr. Brückner im einzelnen nachweist. Beim Kaspischen Meere zeigt sich z. B., dass gewisse grosse Bewegungen des Wasserspiegels in längeren Zeiträumen stattfinden. Die fünfjährigen Durchschnittswerte der Pegelstände an den bereits oben genannten Stationen zeigen, dass 1851—65 der Spiegel des Kaspischen Meeres niedrig lag, dass aber von 1866 an das Wasser fortwährend stieg. Beim Schwarzen Meere findet Dr. Brückner ebenfalls ein Steigen gegen 1880 hin. Bei der Ostsee sind die Schwankungen geringer, aber nach den Berechnungen der Pegelstände an zehn Stationen, welche Dr. Brückner ausgeführt hat, und nach den Kurven der Wasserstände, die er mitteilt, nicht zu bezweifeln. Überall bei diesen Stationen zeigt sich ein Sinken von 1850 oder 1855 an, ein niedrigster Stand um 1860—65, erneutes Steigen seit 1866, dann ein plötzlicher Vorstoss gefolgt von einem kleinen Rückschlag 1871—75, hierauf wieder allmähliches Anschwellen. Es ist in hohem Grade bemerkenswert, betont der genannte Forscher, dass wir auch an der Ostsee jenes Ansteigen des Meeresspiegels seit der Mitte der sechziger Jahre finden, welches uns am Kaspischen Meere begegnet. Soweit die Beobachtungen reichen, vollzieht sich in langdauernden Zeiträumen das Steigen und Sinken des Wasserspiegels an beiden Meeren gleichzeitig und parallel. Dieses überaus merkwürdige Ergebnis steht aber nicht vereinzelt da, die Schwankungen der Alpengletscher zeigen ein gleiches Verhalten. „Die Periode des Vorstossens der Gletscher der Alpen im Beginne des Jahrhunderts entspricht eine Zeit des Steigens und des hohen Standes des Kaspischen Meeres. Der zweiten Periode des Vorrückens der Gletscher, Ende der vierziger Jahre, läuft auch ein Anschwellen des Kaspischen Meeres parallel, und die jüngste 1866 beginnende Hebung des Kaspiniveaus findet ihr Widerspiel in dem seit Ende der siebziger Jahre sich vorbereitenden Gletschervorstosse. Es erscheint die Bewegung der Gletscher um einige Jahre gegen die Bewegung des Spiegels im Kaspischen Meere verschoben, derart, dass die erstere hinter der letzteren nachhinkt. Was Swarowsky für die Gletscher der Ostalpen und den abflusslosen

Digitized by Google

Neusiedler See dargethan hat, begegnet uns, nur noch in viel grossartigerem Massstabe, am Kaspischen Meere. Beide Phänomene, Gletscherschwankungen wie Schwankungen der abflusslosen Seen, führen sich auf die gleiche Ursache zurück, auf säkulare Schwankungen der Witterung, auf Klimaschwankungen". Dr. Brückner zeigt nun weiter, dass auch bei den mitteleuropäischen Flüssen (Memel, Weichsel, Oder, Elbe, Weser, Rhein, Seine, Donau) Schwankungen des Wasserstandes vorkommen, die mit den übrigen ziemlich parallel laufen. Um 1801 — 10 erreichten alle Flüsse den höchsten Stand und begannen dann mit mehr oder weniger Unterbrechung zu sinken, bis gegen das Jahr 1830. Dagegen treffen wir um 1850 herum wieder einen höchsten Stand, dem ein scharf ausgesprochenes Sinken folgt, welches 1856—65 sein Ende erreichte. Seit 1866 sind die Flüsse wieder im Steigen, und diese Periode scheint auch 1880 noch nicht abgeschlossen zu sein. Als Endergebnis ergiebt sich, dass fast ganz Europa gleichzeitige und gleichsinnige Klimaschwankungen erlebt. Ist dieses Ergebnis schon merkwürdig genug, so findet Dr. Brückner, indem er das über die bezüglichen Verhältnisse der übrigen Weltteile vorhandene Material prüft, dass auch dort die gleichen Schwankungen stattgefunden haben. Am deutlichsten zeigen sich dieselben bei der Wasserführung des Nil und des Mississippi, deren Verhalten wegen ihres ausgedehnten Flussgebietes von grösstem Gewicht ist. Es ergiebt sich die überraschende Thatsache, dass die Länder der gesamten Nordhälfte der Erde in der Gegenwart gleichzeitige Schwankungen des Klimas erleben: eine relative Trockenperiode um 1830, eine nasse um 1850, eine zweite Trockenperiode um 1866, gefolgt von einer zweiten nassen Periode (um 1880?). An diesen Schwankungen nehmen alle hydrographischen Erscheinungen der Erde teil: Gletscher, Flüsse, See und die relativ abgeschlossenen Meeresräume wachsen gleichzeitig an und nehmen gleichzeitig wieder ab. Dieses Ergebnis, welches sich nach den Untersuchungen Brückner's auch für die südliche Erdhälfte bewahrheitet, ist im höchsten Grade unerwartet, und ganz von selbst tritt die Frage auf: Was ist die Ursache dieser Klimaschwankungen? Mancher wird hierbei sogleich an die Sonnenflecke denken, denen man in den letzten Jahren bereits so vielerlei in die Schuhe geschoben hat; allein im vorliegenden Fall ergiebt sich keinerlei paralleler Gang zwischen beiden Erscheinungen. Die Ursachen der in Rede stehenden Klimaschwankungen sind noch völlig unbekannt, und es ist noch müssig, in dieser Beziehung Hypothesen aufzustellen. Wenn indessen fernere Forschungen bestätigen werden, dass thatsächlich beide Erdhälften in der gleichen Weise und zur gleichen Zeit die angezeigten Schwankungen durchmachten, so kann die Ursache davon keine irdische sein, sondern müsste in kosmischen Verhältnissen gesucht werden. Fast gleichzeitig mit Dr. Brückner

Digitized by Google

hat Dr. Robert Sieger Untersuchungen über Seespiegel- und Gletscherschwankungen angestellt und ist zu Resultaten gekommen, welche manche Ähnlichkeit mit denjenigen Brückner's besitzen. Hier folgen aus seiner umfangreichen Abhandlung nur die Ergebnisse, so wie sie der Verf. selbst formuliert. Er sagt:

1. Von regelmässigen Perioden der Schwankungen an Seen und Gletschern kann ebensowenig die Rede sein, als es uns bislang gestattet ist, einen Zusammenhang derselben mit der Sonnenfleckenzahl zu vermuten. Die Übereinstimmung liegt vielmehr darin, dass die Maxima und Minima der Seestände der Zeit nach in die unmittelbare Nähe gewisser fester Punkte fallen, die wir als „mittlere" Maxima und Minima bezeichnen können, deren Abstände von einander aber durchaus unregelmässige sind.

2. Die Abweichungen der thatsächlichen Maxima und Minima von diesen mittleren sind nicht ausschliesslich von örtlichen Niederschlagsverhältnissen bedingt, sondern es lässt sich deutlich auch ein Einfluss der geographischen Länge des Ortes erkennen. In der Regel treten nämlich die östlicher gelegenen Gletscher und Seen später in die übereinstimmenden Bewegungen ein, als die westlicheren.

3. Bei abflusslosen Seen pflegt die Schwankungsrichtung sich über längere Zeiträume ununterbrochen zu erhalten (Aufspeicherung); der Betrag und zum Teile auch die Dauer der einzelnen Anschwellungen und Entleerungen sind von örtlichen Bedingungen mit abhängig. (Klimatische und nicht klimatische Lokaleinflüsse.) Wenn z. B. der Betrag einzelner Schwankungen so weit herabsinkt, dass er dem minder genauen Beobachter ganz entgeht oder auch wirklich durch abnorme örtliche Verhältnisse ganz aufgehoben werden mag, so dass 30-, ja 80-jährige gleichsinnige Bewegungen oder gar Stillstände auftreten, während andere nahegelegene Seen zu derselben Zeit mehrere Wellen aufweisen, so fehlt uns eine allgemeine Erklärung für diese Veränderungen der Amplitude. Es ist aber nicht unmöglich, dass selbst der Unterschied zwischen beiden von mir aufgestellten Typen nur auf der grösseren oder geringeren Deutlichkeit der kleineren Schwankungen in den Vierziger- und Fünfzigerjahren beruht, und so mag weitere Forschung nach dem Gemeinsamen der zu jedem Typus gehörigen Seen wohl auch die Ursache der Verschiedenheit im relativen Werte ein und derselben Schwankung an verschiedenen Seen aufhellen.

4. Eine weitere Ursache von Gegensätzen und Abweichungen scheint in der verschiedenen geographischen Breite der einzelnen Seen zu liegen.

5. Eine Verzögerung der Gletscherbewegungen gegenüber den Schwankungen nahe gelegener Seen findet nicht regelmässig statt.

6. Zweifelhaft ist, ob ein durchgreifender Unterschied zwischen den Schwankungen abflussloser und abflussbesitzender Seen des nämlichen Gebietes stattfindet.

Digitized by Google

7. Seen, welche neben klimatischen auch anderen Einwirkungen unterliegen (zeitweilige Anzapfungen, Überfliessen, unterirdische Abzugskanäle) werden nur so lange die ersteren zu sichtbarem Ausdruck bringen, als sich die Wirkungen der letzteren gleichmässig verhalten.

Sieger hat auch eine sehr instruktive Zusammenstellung des gesamten zur Zeit vorliegenden Materials über Seespiegelschwankungen in folgender Tabelle gegeben:

	Alpen-Gletscher	Seen im N. der Alpen	L. Fucino	Wansee	L. George	Gr. Salt L.	Canad. Seen.
Lage:	ca. 5—15° E. Gr.		13½° E. Gr.	42—43° E. Gr.	149½° E. Gr.	112—113° W. Cr.	ca. 78—92° W. Gr.
Min.	um 1800	um 1800?	1793	—	—	—	**1819**
Max.	„ 1815	**1817**	**1816**	1820?	1823	—	**1838**
Min.	„ 1830	1835	1835	**1838**	1840 ff.	**1847**	1851?
Max.	„ 1845	1845	**1846**	1850	1852	1856	1859
Min.	„ —	1850	1850	1852 ff.	1859	**1862**	1869
Max.	„ 1850/5	1855/6	**1861**	**1862** ff.	1874	1874	1876
Min.	„ 1875	1860/5	(1872)	1875?	—	—	um 1880
Max.	„ 1886/7?	1876/80	—	—	—	—	1886?

Fasst man die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen kurz zusammen, so giebt es nach Dr. Brückner Epochen mit übernormalen Niederschlägen gleichzeitig auf der ganzen Erde, wodurch der Wasserstand der Seen wächst, und die Gletscher vordringen, nach Dr. Sieger hingegen findet der Wechsel vorwiegend nasser und trockener Jahre nicht für die ganze Erde gleichzeitig statt, sondern, von West nach Ost vorschreitend, verspäten sich die Wendepunkte, so dass auf der östlichen und westlichen Hemisphäre die Schwankungen nahezu in entgegengesetzten Phasen sind. Drittens ist noch die Thatsache verbürgt, dass das Niveau der Seen und die Ausdehnung der Gletscher in Mittelasien, soweit unsere Erfahrung reicht, abnehmen.

11. Gletscher und Glacialphysik.

Die Bedeutung der Gletscher und ihre Rolle in der physischen Erdkunde ist gegenwärtig voll anerkannt, doch haben sich freilich die Ansichten über die Beziehung der Gletscher zur Thalbildung noch nicht geeinigt. Hier können nur einige der wichtigeren Untersuchungen über Vergletscherung und Bewegung von Gletschern hervorgehoben werden.

Grönland. Die umfangreichste Eisbedeckung von säkularer Dauer, welche wir auf der Erde bis jetzt kennen, ist diejenige Grönlands; ein Gebiet von über 2 Millionen Quadratkilometern ist dort von einem Eispanzer bedeckt, dessen Mächtigkeit noch nicht festgestellt werden konnte. Überall, wo man von der Küste aus in das Innere jenes Festlandes vordrang, fand man die Oberfläche ansteigend und zunehmend ebener und gleichförmiger, bis zuletzt

Digitized by Google

eine unabsehbare schneebedeckte Hochebene sich darstellte, über die vereinzelte Bergspitzen, ähnlich Inseln aus dem Meere, hervorragten. Über dieses Binneneis Grönlands sind zahlreiche Beobachtungen gemacht worden, und H. Rink hat dieselben, soweit sie in die Jahre 1876 bis 1887 fallen, zusammengestellt und diskutiert[1]). Eine Zusammenstellung der geschichtlichen Daten über unsere Kunde vom grönländischen Binneneise hat Eberlin gegeben und Rink im Auszuge mitgeteilt[2]). Hiernach war man sicher schon 1727 darüber klar, dass das ganze Innere von Grönland mit Eis bedeckt sei, und fast ein Jahrhundert lang ist für die Erforschung des Binnenlandes so gut wie nichts geschehen. Die Horizontalität des inneren Grönlands ist wahrscheinlich aus einer Nivellierung durch die eisige Decke zu erklären. „Für diese Annahme spricht erstlich die Eigenschaft des Gletschereises, trotz seiner spröden Beschaffenheit doch zugleich die Eigenschaften eines dickflüssigen Körpers zu besitzen, nur dass seine Bewegungen als solche von ungeheuerer Langsamkeit sind. Wenn ein gewöhnlicher Gletscher auf seiner Unterlage nicht allein als ein fester Körper bergabgleitet, sondern auch als ein zäher Teig sich fliessend bewegt, so ist damit auch die Möglichkeit gegeben, dass, wenn er nur die gehörige Grösse hat oder mehrere derselben Art sich mit ihm vereinigen, er, am Fusse des Berges angelangt, sich über das untere Land verbreiten kann. Dass, mit anderen Worten, das Binneneis Grönlands mit einer von den Wasserscheiden seines Innern ausgehenden Überschwemmung zu vergleichen ist, wird auch durch die übrigen Eigenschaften, namentlich die jetzt genauer untersuchten Bewegungen der ungeheueren Eisdecke, bestätigt.

Aus allen Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass, in demselben Masse, wie neues Eis sich in den mittleren Regionen des Landes bildet, eine Fortschiebung des älteren Eises nach dem Rande hin stattfindet. Ein allgemeines Vorrücken des Randes gegen das Meer, und die Ausbreitung des Eises auch über das Küstenland würde daraus die Folge sein, wenn nicht teils das letztere durch seine Höhe einen Wall gegen den anschwellenden Eisstrom bildete, teils in dem übrigen Teile des Randes die Bewegung höchst ungleich wäre. Im allgemeinen genügt letztere nur gerade, um den äusseren Saum des Binneneises zu ersetzen in dem Masse, wie er durch die Sommerwärme des Küstenklimas verzehrt wird, so dass der Rand, wenn auch periodisch etwas vorwärts und rückwärts gehend, im ganzen denselben Standpunkt behauptet. Nur an gewissen Punkten sind scharf begrenzte Teile, nämlich die in die sogenannten Eisfjorde niedergehenden Arme des Randes einer Bewegung unterworfen,

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin **23.** p. 418–31.
[2]) Petermann's Mitteilungen 1890. p 200.

Digitized by Google

gegen welche die eben genannte tauende Wirkung verschwindet, so dass der Rand ins Meer geschoben und der Überschuss abgebrochen und fortgeführt wird. Diese Ausflüsse sind allerdings verhältnismässig wenige und zerstreut, aber lokal um so gewaltiger, und nur in Verbindung mit der Vorstellung von einer Überschwemmung können wir uns die Produktion der ungeheueren Menge Eises, dessen die Eisfjorde zur Bildung der Eisberge bedürfen, erklären, nämlich durch Zufuhr aus den entferntesten Gegenden eines grossen Binnenlandes. Ehe wir diese Wirkung, den Ursprung der Eisberge näher betrachten, dürfte die Beschaffenheit der Oberfläche des Eises zunächst in Erwägung zu ziehen sein.

Wo der Rand des Eises offenes niederes Land vor sich hat, bietet er in der Regel das Aussehen eines mächtigen Lavastromes dar, der in seinem Laufe plötzlich erstarrt ist. Er pflegt sich hier mit einer steilen, zerrissenen und gefurchten Wand zu erheben. Wenn es geglückt ist, diese Mauer zu erklimmen, zeigt die Oberfläche noch immerhin eine bedeutende Steigung, in der Regel, bis man eine Höhe von ungefähr 2000 Fuss erreicht. Es folgt auch von selbst, dass wir, indem wir uns ein flaches Hochland vorgestellt haben, ausserdem auch noch auf dieser ersten Strecke von gewissen Unebenheiten absehen müssen, die erst in unmittelbarer Nähe recht kennbar werden. Spalten, die wohl mehrere hundert, ja vielleicht tausend Fuss Tiefe messen, gehören hier zu den gewöhnlichen Hindernissen und Schrecken des Wanderers. Die bläuliche Farbe der Wände, die diese Abgründe einschliessen, geht nach unten ins völlige Dunkel der scheinbar bodenlosen Tiefe über. Die schmäleren Spalten mögen auch wohl oben durch losen Schnee verhüllt sein. Andere sind alt, mit zerfallenen Kanten und teilweise ausgefüllt, so dass die Wanderung über diese Rinnen und die sie trennenden Rücken doch äusserst mühselig wird. Zu den Unregelmässigkeiten der Oberfläche gehören auch noch schwach angedeutete Terrassen, flache Wasserbecken und endlich schäumende Bäche, die in ihren eisigen Betten dahin eilen, bis sie sich als Wasserfälle in die Spalten verlieren.

In der Ferne betrachtet, sind diese Unebenheiten verschwindend und schaden nicht dem Eindrucke, den das Ganze als eine horizontale Fläche macht. Überall gilt die Regel, dass die Steigung ununterbrochen ist; der Steigungswinkel kann von verschiedenen Punkten der Küste etwas verschieden sein, nimmt aber, so wie Unebenheiten, nach innen fortwährend ab, so dass man zuletzt nur eine ebene, kaum merkbar steigende Schneefläche vor sich hat. Die grösste Höhe, welche auf diese Weise erreicht oder jedenfalls gesehen worden ist, darf wohl auf 7000—8000 Fuss angeschlagen werden. Die nach der Küste hin zunehmende Spaltenbildung hat offenbar in den Unebenheiten des Bodens und

Digitized by Google

der doppelten Natur des Eises, eine starre und zugleich dickflüssige Masse, ihren Grund. An der entferntesten Wasserscheide im Binnenlande, wo die erste Verwandlung des Schnees in Gletschereis vor sich geht, ist die Bewegung nach den Gesetzen der Flüssigkeit die vorherrschende, aber je weiter in der Richtung der Küste, je mehr kommt hierzu der Druck, den die weiter zurück liegenden Teile auf die vorderen als feste Körper gegen einander üben. Das auf der Oberfläche entstehende Wasser, welches sich als Ströme in die Spalten verliert, dürfte hierbei auch eine Wirkung ausüben, die bei gewöhnlichen Gletschern nur wenig bemerkbar wird. Es ist erwiesen, dass die Kanäle in der Tiefe, in denen sich dieses Wasser sammelt und dem Meere zuströmt, sich verändern. Die aufgestauten Ströme dürften, indem sie neue Spalten füllen, in denselben gefrieren und zur Spannung der ganzen Masse mächtig beitragen. Die gesamten Wirkungen konzentrieren sich gegen die Eisfjorde hin, wo als Schlussresultat die Bewegung durch Druck so überwiegend wird, dass so gut wie nur die Fortschiebung einer starren Masse stattfindet, während die flüssige Eigenschaft derselben nicht Zeit hat, sichtbare Wirkungen zu zeigen.

Auf der erwähnten Strecke von 350 Meilen berührt das Meer an sehr zahlreichen Stellen herabgehende Arme des Binneneises. Im allgemeinen ist aber die Bewegung dieser Arme so schwach, dass die dem Meere dabei abgegebenen Bruchstücke (Kalbeis) kaum Eisberge zu nennen sind. Nur 25—30 der genannten Arme geben wirkliche Eisberge ab, so dass die inneren Fahrwasser, welche dieselben aufnehmen, als Eisfjorde zu betrachten sind. Diese Eisfjorde sind wiederum, dem Grade ihrer Wirksamkeit nach, sehr verschieden. Wir haben sie demnach in Klassen geteilt. In die erste, als die mächtigste, dürften wohl nur 6 bis 8 zu stellen sein. Vier derselben und einer, der als zweiten Ranges bezeichnet worden ist, sind jetzt genauer untersucht worden. Das Landeis, welches sich in diese Fjorde herabsenkt, hat das Ansehen eines gewöhnlichen Gletschers, indem es zu beiden Seiten von Land begrenzt ist. Von einer Bergeshöhe aus sieht man aber gewöhnlich bald, dass es im Hintergrunde von dem grossen „Mer de glace“ ausgeht. Die Dicke der auf diese Weise vorgeschobenen Eisplatte lässt sich zwar nicht direkt messen: in den Bruchstücken, den Eisbergen, hat man jedoch insofern einen Massstab, als sie wenigstens dem kleinsten Diameter einer der grösseren Eisberge gleichkommen muss. Die Breite von Land zu Land lässt sich messen, und was nun endlich die Schnelligkeit der Bewegung betrifft, so ist diese für Punkte in einer Querlinie bestimmt worden, indem es sich nämlich bewährt hat, dass sie in der Mitte am grössten ist und nach den Seiten hin abnimmt. Die Messungen der Schnelligkeit sind auch zum Teil an demselben Gletscher zu verschiedenen Zeiten ange-

Digitized by Google

stellt. Es haben sich dabei Fluktuationen gezeigt, deren Art und Ursache noch ganz unerklärt geblieben sind. Vielleicht dürften sie in dem oben erwähnten Wechsel der Kanäle im Innern des Eises ihre Ursache haben.

Als Resultat der Messungen zeigte es sich, dass die mittlere Partie aller dieser Gletscher im Durchschnitt, zur Zeit der stärkeren Bewegung, eine Schnelligkeit von ungefähr 50 Fuss in 24 Stunden, also zwei Fuss in der Stunde hatte. Hieraus, in Verbindung mit den Berechnungen der Breite und Dicke, können wir uns eine Vorstellung von den Dimensionen des Stückes machen, welches jährlich von jedem der fünf Gletscher im Durchschnitt dem Meere übergeben wird Aufs Land gebracht, würde ein solches Stück einen Berg von 14000 Fuss Länge, 13000 Fuss Breite und 900, wenn nicht etwa volle 1000 Fuss Höhe, also 170000 Millionen Kubikfuss ausmachen.

Es kann nach diesen Messungen wohl kaum bezweifelt werden, dass diese Eisfjorde grosse, den Flussgebieten eines Landes entsprechende Areale voraussetzen, denen sie ihre Versorgung mit Eis, bis von den entferntesten Teilen des Binnenlandes, verdanken. Wir müssen nämlich dazu noch bedenken, dass wohl kein Gletschereis überhaupt sich über Land bewegen kann, ohne im Laufe des Jahres von einer mehrfach grösseren Menge Wassers begleitet zu werden, und man weiss auch aus Erfahrung, dass Wasserströme sich unter dem Eise in die Fjorde ergiessen. Demnächst ist zu erinnern, dass die 1000 Fuss dicke Eismasse über einen Grund geschoben wird, der als Unterlage einer gleitenden festen Masse nur eine verschwindende Neigung hat; woher sollte denn also die Kraft stammen, welche selbige zwei Fuss in der Stunde fortschiebt? Nur die vereinigte Wirkung der, wahrscheinlich im Innern des Landes von über 10000 Fuss Höhe ausgehenden, Gletschermassen auf jene einzelnen Punkte, die Eisfjorde, konzentriert, scheint dieses erklären zu können. Man hat versucht, sich die Schnelligkeit und die Produktivität dieser Eisberge abgebenden Gletscher aus einer starken Neigung des unterliegenden Bodens in der nächsten Umgebung zu erklären. Aber abgesehen davon, dass dieses mit direkten Erfahrungen im Widerspruch steht, so fragt es sich doch, wie denn der auf diese Weise beschleunigte Verbrauch des Vorrats in der nächsten Umgebung ersetzt wird? Wenn er von weiter Ferne hergeführt sein kann, so bedarf er ja auch nicht einer besonders fürs Herabgleiten geeigneten Bahn auf dieser letzten Strecke.

Angenommen also, dass das zur Speisung eines Eisfjords erforderliche Gebiet mit einem der Grösse des Landes einigermassen entsprechenden Flussgebiete zu vergleichen sei, so wird vorläufig ein Blick auf die Karte zeigen, dass eine gegen 100 (deutsche geographische) Meilen lange Wanderung des Niederschlages im festen Zustande, ehe er von der entferntesten Grenze

Digitized by Google

des Flussgebietes zum Meere gelangt, in Nordgrönland keineswegs zu den Unwahrscheinlichkeiten gehört. Hiermit ist dann auch die Anwendbarkeit dieser Eisbildung zur Beleuchtung der sogenannten Glacialzeit der Geologen verbunden. Der Transport erratischer Blöcke über ein niedriges Land von weiter Ausdehnung und das Abschleifen der Felswände, die unter einem gewissen Niveau liegen, finden in den Wirkungen, die hier noch vorgehen müssen, ihr Seitenstück. Die Fortschiebung der sicherlich über 1000 Fuss mächtigen Decke über einen unebenen Grund muss die hervorragenden Spitzen oder Kanten desselben abbrechen und zu einem mächtigen Schleifpulver machen. Eine Vergleichung mit den übrigen bekannten Polarländern wird denn auch bald zeigen, dass nur in Grönland ein solches Seitenstück zur Glacialzeit zu finden ist.

Von der Weise, in welcher die Eisberge vom festen Eise losbrechen, der sogenannten „Kalbung“, haben noch bis zum heutigen Tage Sachverständige verschiedene Meinungen ausgesprochen. Die Ursache davon ist wohl weniger die, dass es bis jetzt nur einmal einem Beobachter geglückt ist, Zeuge dieser grossartigen Erscheinung zu sein, als die, dass der Hergang dabei auch wirklich nach den Lokalitäten verschieden ist. Derselbe muss sich nämlich nach der Form der Küste und der Beschaffenheit des Meeresbodens, wo der Gletscher zufällig seinen Austritt gefunden hat, richten, und eine allgemeine Regel kann deshalb nicht aufgestellt werden. Nur so viel kann man wohl behaupten, dass, wenn grosse Eisberge entstehen sollen, wenn die, übrigens gleiche Menge Eis, beim Losbrechen nicht in kleinere Stücke zerbröckeln soll, der Meeresboden von der Küste aus verhältnismässig eben sein und mit einer schwachen Neigung abfallen muss, bis das Wasser so tief ist, dass es die grosse Eisplatte vom Grunde heben und tragen kann. Sie bildet dann eine zusammenhängende, schwimmende Brücke so lange, bis, durch zufällige Umstände veranlasst, der Zusammenhang aufgehoben wird. Hat aber der Meeresboden nicht diese ebene Beschaffenheit, sondern fällt er plötzlich, noch ehe das Eis vom Wasser gehoben werden kann, bis zu einer grösseren Tiefe ab, so muss die Eisplatte über diesen Rand hinaus in grössere oder kleinere Stücke zerbröckeln und herabfallen, je nachdem sie doch noch mehr oder weniger vom Wasser getragen wird. Im oben genannten Falle aber zerbricht die Eisdecke mehr wie die eines gefrorenen Meeres, das Abbrechen geschieht nicht durch die direkte Wirkung der Schwere, im Gegenteil werden die Bruchstücke durch die gewaltsamen Umwälzungen mit ihren Kanten und Spitzen nach oben gekehrt, so dass sie hoch über den Rand, von dem sie losgebrochen, emporragen. Es folgt von selbst, dass der Meeresboden, auf dessen Beschaffenheit die Bildungsweise der Eisberge beruht, so gut wie gar nicht untersucht werden

Digitized by Google

kann; vor allem muss aber auch erinnert werden, dass diese Frage in physisch-geographischer Beziehung vorläufig noch von untergeordneter Wichtigkeit ist. Es fragt sich erst, wie gross die gesammelte Eismasse ist, die jährlich von einem Eisfjorde ausgestossen wird, abgesehen davon, ob dieses in der Form grösserer oder kleinerer Bruchstücke geschieht."

Die Gletscher der Ostalpen bildeten den Gegenstand einer grossen Monographie von Eduard Richter [1]), die zum grossen Teile auf eigenen Studien an Ort und Stelle beruht. Im ganzen werden 1012 einzelne Gletscher mit 1462 *qkm* Areal behandelt und die erlangten Resultate zur Ableitung allgemeiner Gesetze benutzt. Zunächst ist es die Schneegrenze, mit welcher sich Prof. Richter eingehend befasst. Eine scharfe Linie für den „ewigen Schnee" in einer gewissen Höhe und von einigen meteorologischen Bedingungen abhängig, giebt es nicht. Man begegnet an den Abhängen der Gebirge bisweilen in verhältnismässig tiefen Lagen zusammenhängenden und dauernden Schneefeldern oder Schneeflecken, und an anderen Stellen trifft man wieder hoch über der Grenze des „ewigen Schnees" weite „apere", d. h. schneefreie Flächen, die den weissen Firnmantel unterbrechen. Richter stellt das, was man gegenwärtig als Schneegrenze bezeichnet, in folgender Weise zusammen:

1. Die orographische Firngrenze Ratzel's, das ist die untere Grenze der Firnfleckenregion.

2. Die wirkliche Schneegrenze Richter's, das ist die untere Grenze der zusammenhängenden, dauernden Schnee- und Eismassen.

3. Die klimatische Schneegrenze Ratzel's, das ist der theoretische Begriff einer nur von klimatischen Verhältnissen abhängigen Schneelinie.

4. Die normale Schneedecke Kerner's, jene Linie, bis zu der auf Hängen und Gipfeln der Schnee überhaupt zurückweicht.

Nach Prof. Richter's Ermittelungen kann man folgende Höhen als diejenigen der klimatischen Schneegrenze betrachten, wie sie sich unabhängig von Gebirgsbau und Lage gestalten:

Nördliche Kalkalpen (Zugspitze, Hochkönig, Dachstein)	2500 *m*
Silvretta (Nordseite)	2750 „
Ortlergruppe, etwas über	2900 „
Adamello — Presanella — Gr.	2800 „
Ötzthal, Nordteil	2800 „
„ zentrales	2950 „
Stubayer Gruppe	2700 „
Zillerthaler Alpen	2700 „
Venediger = und Glockner = Gr.	2700 „
Goldberg = und Ankogel = Gr.	2600 „
Südliche Kalkalpen mit Brenta	2700 „

[1]) Stuttgart 1888.

Digitized by Google

Eine merkwürdige Thatsache ist, „dass überall die Aussenränder in den Ostalpen eine tiefere Schneegrenze aufweisen als die inneren Teile, und die grössten Massenerhebungen auch den höchsten Stand aufweisen, während die Schneegrenze um so tiefer herabsteigt, je weniger breit im ganzen der noch in die Schneeregion aufragende Teil des Gebirges ist." Die Ursache hiervon wird in klimatischen Verhältnissen gesucht. „Die inneren Alpenteile sind genau wie Hochebenen durch Trockenheit, höhere Wärme, klares Winterwetter und ein Hinaufrücken der Vegetations- und Schneegrenze gekennzeichnet."

Was die Schwankungen der Gletscher in den Ostalpen anbelangt, so findet Richter im gegenwärtigen Jahrhundert zwei Maximal- oder Vorstossperioden, deren letztere in die Mitte der fünfziger Jahre fällt. Seitdem ist ein Rückschritt eingetreten, der bedeutender ist als jener zwischen den beiden Vorstossperioden; nach vereinzelten Wahrnehmungen könnte man schliessen, dass dieser Rückschritt gegenwärtig seinem Ende entgegengeht.

Die Gletscherschwankungen sind übrigens individuell recht ungleich, und man muss sich wohl hüten, in dieser Beziehung allzusehr zu generalisieren. In dieser Beziehung machte Dr Sieger einige sehr richtige Bemerkungen[1]). „Während an den meisten Gletschern", sagt er, „die zu- oder abnehmende Bewegung sich durch Zeiträume von 10 bis 30 und mehr Jahren zu erhalten pflegt, so dass man mit Recht von „langjährigen Schwankungen" spricht, zeigen einzelne Eiskörper eine lebhaftere Empfindlichkeit gegen die Einflüsse klimatischer Veränderungen. Bei den beweglichsten derselben genügen ein oder zwei feuchte und kalte Jahre, um die Gefahr eines „Ausbruches" hervorzurufen. Bei anderen wieder erscheinen zwar im Firnfelde Schwankungen von mehrjähriger Dauer, ohne jedoch an der Gletscherzunge bemerkbar zu werden. Bei einer dritten, bisher noch wenig beachteten Reihe aber scheinen sich in der That derartige kürzere Perioden der Zunahme oder Abnahme zwischen den bekannten Epochen der allgemeinen Schwankungen auch an dem eigentlichen Eiskörper nachweisen zu lassen."

Sieger vermutet, und Forel stimmt ihm darin bei, dass die seit 1875 im Gange befindliche Vorrückung immer zahlreicherer Gletscher der Westalpen ihren Höhepunkt bereits erreicht oder überschritten habe. „Zum mindesten ist der seit 1875 vorstossende Säntisgletscher seither wieder im Rückgang befindlich, und an dem ebenfalls seit 1875 vorrückenden Glacier des Bossons, sowie dem erst seit 1884 zunehmenden Glacier du Tour seit 1886 oder 1887 wieder ein Stillstand eingetreten. Wir dürfen um so gespannter den Nachrichten der nächsten Jahre über diese neuerliche Rückgangsbewegung entgegensehen, als dieselbe gerade

[1]) Mitteil. d Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1889. p. 22.

Digitized by Google

in dem Zeitpunkte deutlich zu werden beginnt, in welchem die Gletscher der Ostalpen endlich in die seit Jahren erwartete Vorstossbewegung einzutreten versprechen. Nicht bloss der Vorstoss seit 1875, der aus noch nicht aufgeklärten Gründen auf die Westalpen beschränkt blieb, und der ihm in den 80er Jahren folgende Rückgang, sondern auch das Auftreten sekundärer Maxima bald nach 1845 und bald nach 1815 finden durchaus ihre Begründung in dem Witterungscharakter und in den Schwankungen der Seen, welche ebenfalls entsprechende Hochstände aufweisen. Man sollte also erwarten, dass sie in viel zahlreicheren Beispielen belegt sind: allein bei der Lückenhaftigkeit, welche trotz aller eindringender Forschung unsere Kunde in bezug auf die älteren Jahrzehnte noch immer aufweist, ist es nicht möglich, zu sagen, ob diese „Schwankungen von kürzerer Dauer" wirklich nur an so wenigen Gletschern, eben den empfindlicheren, eingetreten sind, oder ob sie infolge ihres geringeren Betrages und der ungenügenden Beobachtungen an vielen anderen einfach übersehen wurden."

Über den Rückgang einiger Ötzthaler Gletscher hat Dr. S. Finsterwalder Mitteilung gemacht[1]). Hiernach ist der Rettenbachferner ein kleiner Thalgletscher, im Hintergrund des bei Sölden in das Ötzthal mündenden Rettenbachthales gelegen, im Verhältnis zu seiner Ausdehnung sehr stark zurückgegangen. Am Hochjochferner ist in der letzten Zeit eine Verkürzung der Längsaxe nicht zu bemerken, da das 10 *m* breite Ende auf eine längere Strecke schuttbedeckt in einer schmalen tiefen Schlucht ruht, und sich dessen äusserste Partien jedenfalls früher von der Hauptmasse des Gletschers lostrennen werden, ehe sie zusammengeschmolzen sind. Nichtsdestoweniger ist der Rückgang im letzten Jahre sehr bedeutend gewesen und hat in der Breite an manchen Stellen gegen 20 *m*, in der Dicke 2 bis 3 *m* betragen. Der Hintereisferner ist 1889 stark zurückgegangen; seine Länge ist um ca. 30 *m* verringert worden. Der Vernagtferner hat zwar sein Aussehen in keiner Weise geändert, und bei nur oberflächlicher Betrachtung würde man nur wenige Meter Verkürzung seit dem letzten Jahre vermuten. Trotzdem bemisst sich dieselbe auf 25 *m*, wie eine am linken Ufer des Gletschers auf einem geschliffenen Felsen angebrachte Marke ausweist. Nach den Beobachtungen in den Firnfeldern ist eine fortdauernde Reduktion der Gletscher dieser Gruppe zu erwarten.

Die Pyrenäengletscher sind Gegenstand einer sehr sorgfältigen Untersuchung von Michellier gewesen[2]). Die kleinen Gletscher in der Umgebung des Sees von Orédon (1869 *m* über

[1]) Mitteil des Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1889.
[2]) Ann. du bureau centr. méteorol. de France 1885. **1.** S. B. 35. — B. 235.

Digitized by Google

dem Meere) sind seit 1856 bis 1880 in stetiger Abnahme. Der Gletscher am Pic Long hat heute nur 240 000 *qm* Areal und 8.5 Millionen *qm* Eis verloren. Bis 1884 ist wieder eine Zunahme der Eismasse eingetreten. Die Neste, welche hauptsächlich von diesem Gletscher gespeist wird, hat in den sehr trockenen Jahren 1871 bis 1874 kaum eine Verminderung ihrer Wassermenge gezeigt, weil damals die Schmelzung des Eises und des Firnschnees im Hochgebirge sehr intensiv erfolgte.

Über die Gletscher des Kaukasus verbreitet sich auf Grund genauer Untersuchungen Douglas W. Freshield [1]). Nach ihm giebt es in der Hauptkette viele und darunter einige sehr grosse Gletscher. Unter diejenigen mit den grössten Kesselbecken zählt er diejenigen zwischen dem Djeper-Pass und dem Mamisson an der südlichen Seite, den Betscho, den Uschba, den Gvalda, den Thuber, den Zammer, Tetnuld und Adisch, ferner diejenigen an den Quellen des Rion. Auf der nördlichen Seite giebt es in jeder Schlucht einen grossen Gletscher, die grössten sind der Karagam und der Bezingi, zunächst kommen dann der Adylsu und eine Unzahl anderer, nicht nur auf der Hauptkette gelegen, sondern auch auf ihren Ausläufern, welche in einer Ausdehnung gefroren sind, von der die Feldstabskarte keinen Begriff giebt. Auf der paläozoischen Schieferkette, südlich von Swanetia, deren Gipfel sich über 12 000 Fuss erheben, sind Gletscher, die der Grand-Paradiesgruppe bei Aosta nicht viel nachstehen.

Seen sind dagegen im Kaukasus nur wenig vorhanden. „Ich habe“, sagt der genannte Beobachter, der zu den besten Gletscherkennern gehört: „nie einen den Boden aushöhlenden Gletscher gefunden, und die Lage der meisten der kleinen alpinen Seen scheint mir für die Hypothese, dass ein Bett vom Gletscher ausgehöhlt worden, höchst unwahrscheinlich, da eine sehr grosse Anzahl von diesen Seen da ist, wo die Felsen am härtesten sind, unter den Granitfelsen des Adamello und der Seealpen. Sollten wir annehmen, das Eis habe gerade in dem härtesten Gestein gebohrt? Ich kann in der Natur keine Bestätigung für die Theorie finden, dass dieselben U-förmige oder breite Thäler im Gegensatze zu V-förmigen oder schmalen Schluchten aushöhlen. Was ich aber erkenne und behaupte, ist, dass die Gletscher den Boden vor schweren Regengüssen schützen, dadurch dass sie (ausgenommen, wo ihr Bett sehr steil und schmal ist, und die Wildbäche unter den Gletschern sich in einem einzigen Bette vereinigen) die unter denselben befindlichen Wassermassen verteilen und demnach ihre aushöhlende Kraft vermindern, ferner dass, indem sie das ganze in ihrem oberen Laufe gelegene lose Material mit sich führen und bei ihrem Zurückweichen dasselbe zurücklassen, sie den Thalgrund vor dem Aushöhlen schützen

[1]) Österr. Touristen-Zeitung 1889. Nr. 14.

Digitized by Google

und denselben ausfüllen. Die Schwankungen, welche dieselben in den letzten Jahren erfahren haben, stimmen in merkwürdiger Weise mit denjenigen der Alpengletscher überein. Im Jahre 1868 waren sie alle im Zurücktreten begriffen Ungefähr im Jahre 1875 wendete sich die Strömung, im vorigen Jahre rückten diejenigen, welche wir beobachteten, merklich vor. Wie allgemein bekannt, rücken mehrere von den alpinen Gletschern jetzt rapid vorwärts; natürlich nehmen jene die erste Reihe in der Vorwärtsbewegung ein, die den steilsten und geschwindesten Stromfall besitzen."

Die Gletscher Neuseelands sind von R. v Lendenfeld stutiert worden [1]). Trotzdem der nordwestliche Abhang des Gebirges auf der südlichen Insel den Sonnenstrahlen mehr ausgesetzt ist, als der Südostabhang, so reicht doch die Grenze des ewigen Schnees dort bis zu 1700 *m* über dem Meere herab, während die Schneegrenze am Südostabhang durchschnittlich 2000 *m* über dem Meere liegt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Schneefall am Nordwestabhang um vieles bedeutender ist, als am Südostabhange.

Die Eis- und Schneebedeckung ist auf Neuseeland viel grösser als in Europa, auch ist dort das Verhältnis zwischen Firn und Eis ein ganz anderes. Der grösste Eisstrom Neuseelands, der Tasmangletscher, hat mit dem Aletschgletscher nahe gleiche Grösse; beide unterscheiden sich aber wesentlich dadurch, dass beim Aletsch das Verhältnis der Eisstromfläche zur Firnfläche 30 : 100; beim Tasman aber 116 : 100 ist.

Früher war Neuseeland offenbar viel mehr vergletschert als heute. „Gut erhaltene Gletscherspuren gehen hoch hinauf an den Thalhängen und tief hinab bis ans Meer. Viele Eisströme erreichten zu jener Zeit die heutige Strandlinie des westlichen Meeres, nicht nur in der Nähe der höchsten Erhebungen der neuseeländischen Alpen, sondern auch weiter im Süden, am Rande des südlichen Plateaus. Die Gletscher der Eiszeit haben auf die Thal- und Fjordbildung einen grossen Einfluss ausgeübt, einen Einfluss, welcher der Landschaft einen eigentümlichen Charakter eingeprägt hat. In den westlichen Steilrand des Plateaus, im südwestlichen Teil der Insel, sind 13 grosse Fjorde eingeschnitten. Der nördlichste von ihnen, der Milfordsund, liegt in 44° 32′ südl. Br. und ist demnach der dem Äquator zunächst liegende Fjord auf der Erde. Hohe Felsgipfel entragen dem Tafelland in seiner Umgebung. Ringsum steigen 70° bis 80° steile Felswände jäh aus dem Wasser auf; nur im Hintergrunde des Fjords liegt, an der Einmündung des Cleddyflusses, eine kleine alluviale Ebene. An vielen Stellen erreichen die Felswände, welche den Fjord einschliessen, eine Höhe von 1000 *m*

[1]) Naturw. Rundschau 1890. Nr. 23.

und darüber." Verfasser hat [1]) die Masse der dreizehn Fjorde an der Westküste Neuseelands zusammengestellt. „Aus dieser Tabelle ergiebt sich folgendes: 1. Die Fjorde liegen zwischen 44° 32′ und 46° 8′ südl. Br. 2. Sie haben eine durchschnittliche Länge von 25.5 *km* und eine durchschnittliche Breite von 2 *km*. 3. Das vorliegende Meer ist durchschnittlich 81.5 *m* tief und in 8 von den 13 Fällen nicht tiefer als der Eingang. 4. die durchschnittliche Tiefe des Einganges beträgt 100 *m*. 5. Die Maximaltiefe im Innern des Sundes beträgt im Mittel 227 *m* und ist in allen Fällen bedeutender wie die Tiefe des Einganges und auch wie die Tiefe des vorliegenden Meeres.

Die Untiefe, welche sich vor den Fjordeingängen ausbreitet, hat eine sehr bedeutende Ausdehnung. Die mittlere Maximaltiefe — 227 *m* — wird erst in einer Entfernung von 30 *km* von der Küste angetroffen, während die grösste beobachtete Fjordtiefe — 360 *m* in Milfordsund — überhaupt nicht in der Nähe der Küste gefunden wird."

Lendenfeld glaubt, dass der Gletscher aktiv kleinere vorhandene Erosionsthäler zu tiefen Fjorden ausschleift. Im Innern der Insel finden sich, den Fjorden gegenüber, zahlreiche, tief eingeschnittene, schmale und lange Seen, welche wohl, ebenso wie die Fjorde, Gletschern ihre Entstehung verdanken. „Aus dem Vorhandensein der Fjorde und Seen, sowie aus den Gletscherschliffen, denen man allenthalben auf dem Plateau begegnet, lässt sich schliessen, dass dieser Teil Neuseelands, der wegen seiner geringen Höhe heute nur kleine Gletscher besitzt, zur Eiszeit mit einer mächtigen Firnlage bedeckt war, von welcher ebenso, wie dies heute in Grönland der Fall ist, grosse Eisströme herabkamen durch die Einkerbungen im Rande des Tafellandes. Diese Einkerbungen — Erosionsthäler aus früherer Zeit — wurden durch jene Gletscher erweitert und ausgetieft und in prächtige Fjorde verwandelt.

Alten Moränen begegnet man am Südostabhang des Gebirges, wo die Gletscher der Eiszeit nach Haast nicht hinabreichten, bis zur heutigen Strandlinie. Hier haben sich in den Hauptthälern riesige Moränen gebildet, von denen vielerorts noch deutliche Reste vorhanden sind. Obwohl weit draussen in den vorgeschobenen Hügelketten und auf der grossen östlichen Ebene Moränenreste häufig sind, so werden doch die grossartigsten und besterhaltenen Gesteinsanhäufungen dieser Art näher dem Gebirge angetroffen Es sind dies Endmoränen, welche später gebildet wurden, als die am weitesten vorgeschobenen in der Ebene. Sie entstanden nicht zur Zeit der Maximalausdehnung der Gletscher, sondern nachdem der Rückzug derselben begonnen hatte. Ihre Grösse weist darauf hin, dass während des allmählichen Rück-

[1]) Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik **10.** Heft 7.

Digitized by Google

zuges der Gletscher ein lange andauernder Stillstand eingetreten sei, während dessen diese Endmoränen entstanden.

Seit der Zeit, als diese Riesenmoränen gebildet wurden, scheinen die Gletscher stetig und ziemlich rasch zurückgegangen zu sein, da man oberhalb der Seedämme bis in der nächsten Nähe der gegenwärtigen Gletscherstirnen keine Moränen mehr findet."

v. Lendenfeld betont, dass gegenwärtig die südliche Erdhälfte weit mehr vergletschert ist, als die nördliche, und führt dies darauf zurück, dass dort die Temperatur gleichmässiger und die Luft feuchter ist. „Die Gleichmässigkeit der Temperatur sowohl als der höhere Feuchtigkeitsgehalt der Luft werden durch die grössere Ausdehnung der Wasserfläche auf der südlichen Hemisphäre bedingt; die grosse relative Ausdehnung des Meeres ist also die Ursache der Vergletscherung des Südens. Würde das Meer auf der nördlichen Hemisphäre um einige 100 *m* ansteigen, alle Flachländer überflutend, so würden die Gletscher, trotz der Abnahme der absoluten Höhe der Gebirge, doch beträchtlich zunehmen und wahrscheinlich stellenweise bis zum Meere herabsteigen. Thatsächlich waren einige Teile Europas (norddeutsche Tiefebene, Zentralrussland) zur Eiszeit überflutet. Wir könnten uns also zu dem Schlusse berechtigt fühlen, dass die Eiszeit in Europa eine Folge des damaligen höheren Standes des Meeres auf der nördlichen Halbkugel gewesen sei."

Bezüglich Neuseelands findet v. Lendenfeld, dass infolge der ganzen Lage und der hypsometrischen Verhältnisse desselben eine negative Strandverschiebung, also ein Sinken des Seespiegels um 300 *m*, eine Eisperiode verursachen würde. „Es würde also im Fall einer solchen Strandverschiebung Neuseeland, ohne viel grösser zu werden, und ohne dass das Klima wesentlich trockener und ungleichmässiger würde, an Höhe um 300 *m* zunehmen. Die Firnlinie und die Gletscher würden dementsprechend um nahezu 300 *m* tiefer herabsteigen, die weiten Plateaus, die jetzt unter der Schneegrenze liegen, würden für die Ansammlung von Firn gewonnen, und es entständen grosse Eisströme, ähnlich jenen, die während der neuseeländischen Glacialperiode thatsächlich bestanden haben.

Ganz so verhält es sich in Australien und in Patagonien. Afrika liegt dem Äquator bereits zu nahe, um durch eine Erhebung um 300 *m* zu bedeutenderer Gletscherentwickelung veranlasst zu werden.

In der nördlichen Hemisphäre würde eine negative Strandverschiebung diesen Effekt nicht haben, weil hier die submarinen Böschungen teilweise viel weniger steil sind, und daher eine solche Strandverschiebung — um 300 *m* — die nördlichen Meere der Art einengen würde, dass das Klima trockener und für die Gletscherbildung weniger geeignet würde. Diesem Trockener-

werden des Klimas würde das Kälterwerden infolge von Höhenzunahme zwar mehr als die Wage halten, und es würden die Gletscher deshalb grösser werden, als sie jetzt sind, aber noch lange nicht so gross, als sie zur Eiszeit waren.

Nach diesen Bemerkungen können wir es wohl wagen, den Schluss zu ziehen, dass die Eiszeit der südlichen Hemisphäre durch einen niedrigeren, jene der nördlichen aber durch einen höheren Wasserstand verursacht worden sei."

Studien am Pasterzengletscher in bezug auf dessen Rückgang stellte F. Seeland an [1]). Hiernach ist dieser Gletscher von 1879—1889 an den beobachteten Stellen im ganzen 53 *m* zurückgewichen. Der Rückgang von 1888—1889 im September betrug im Mittel 6.73 *m* und ist etwas kleiner als im Vorjahre, aber doch in der Reihe der Messungen der viertgrösste.

Eine Darstellung der Gletscher im französischen Teile der Alpen und Schilderungen der Spuren vorhistorischer Vereisung in Frankreich giebt Falsan [2]). Die Aufzählung der Thatsachen wird hier recht vollständig gegeben, die Erklärung der Eiszeit jedoch, welcher der Verfasser huldigt (nämlich allmähliche Abkühlung der Sonne), ist ganz unhaltbar.

Die Traditionen über früher begangene, gegenwärtig aber vergletscherte Hochpässe der Schweizer Alpen besprach Schultze [3]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass die Angaben hierüber zu zahlreich und bestimmt seien, um sie einfach abzuweisen. Man müsse zugeben, dass man in früherer Zeit die Alpen an einer Reihe von Punkten überschritten hat, wo jetzt nur noch der geübte Hochalpinist einen Übergang wagt. Jene Pässe können also zu der Zeit, wo sie benutzt wurden, nicht in dem Zustande gewesen sein, in dem sie heute sind. Wer die Ersteigungsgeschichte der Alpen kennt, der weiss, dass sich auch kühne Hirten und Jäger von selbst nur an solche Berge wagten, die in die Kategorie der Felsberge gehören, dass sie dagegen vor grösseren Gletschertouren ausnahmslos zurückschreckten, zu diesen erst durch die Initiative der gebildeten Alpinisten veranlasst wurden. Es sei daher so gut wie undenkbar, dass man früher Pässe begangen haben sollte, bei denen man sich viele Stunden auf Gletschern, ja auch auf zerklüfteten, auf steilen Gletschern bewegen musste, und zwar gilt dies von allen häufiger benutzten Pässen, nicht bloss von denen, die mit Saumtieren befahren sein sollen, wo es sich von selbst versteht, dass es sich damals nicht um eigentliche Gletscherpässe gehandelt haben kann. Es bleibt somit nur der Schluss übrig, dass zu der Zeit, wo jene Pässe im Gebrauch waren, die Gletscher der Alpen eine sehr bedeutend geringere Ausdehnung gehabt haben als heut-

[1]) Zeitschr. d. Deutsch. und Österr. Alpenvereins **21.** p. 488. 1890.
[2]) La période glaciaire en France et en Suisse. Paris 1889.
[3]) Mitteil. d. Deutsch. u. Österr. Alpenvereins 1889. Nr. 9 u. 10.

Digitized by Google

zutage, wo sie doch gegen früher schon stark zurückgegangen sind. Man dürfte mit der Behauptung kaum fehlgehen, dass sich nirgends nachweisen lässt, dass in historischen Zeiten die Gletscher eine grössere Ausdehnung erreicht haben als in diesem und im vorigen Jahrhundert. Überall in den Alpen ist die Sage verbreitet von der Übergossenen Alp, d. h. von einer ehemals blühenden Alp, die wegen des Übermuts ihrer Bewohner im Eis vergraben wurde So wenig man nun auch im einzelnen Falle diese Sage als historisches Argument benutzen darf, man wird doch aus ihr entnehmen können, dass es nach der Vorstellung der Alpenbewohner eine Zeit gab, wo die Alpen weit weniger vergletschert waren.

Nur darf man sich dies Schwinden der Gletscher nicht so gross denken, als seien jene Pässe in der Zeit, wo sie begangen wurden, vollkommen schneefrei gewesen. Nur die Übergänge, die mit Saumtieren befahren wurden, wird man sich als annähernd schneefrei vorstellen müssen; die anderen dagegen hat man sich als ganz leichte Gletscherpässe zu denken, etwa wie jetzt Pfandelscharte, Hochjoch und Monte Moro, vielleicht auch noch so wie den Col de S. Théodul; nur von den steileren Hängen wird man allerdings annehmen müssen, dass sie ganz firnfrei waren. Eine weitere Frage wäre dann die, ob dieses starke Zurückgehen der Gletscher in den Alpen allgemein stattfand oder, wie es fast scheint, sich beschränkte auf gewisse Gebiete der Westalpen, vor allem auf das Berner und das Walliser Hochgebirge."

12. Die Lufthülle der Erde. Allgemeines.

Die Höhe der Atmosphäre hat Liais aus dem Umstande, dass das Licht des Himmels im Zenith nach einer durch die Sonne gehenden Ebene polarisiert war, wenn die Sonne selbst 18° unter dem Horizont stand, auf 39, ja 43 Meilen berechnet. Hierbei wurde angenommen, dass die Sonne auch in jener Stellung die Luftteilchen im Scheitelpunkt des Beobachters direkt beleuchtet haben müsse. Diese Schlussfolgerung ist indessen nach einer neuen Untersuchung von Soret [1]), worauf W. König hinweist [2]), irrig. „Soret behandelt in seiner Untersuchung die Diffussion zweiter Ordnung, d. h. den Vorgang der Lichtzerstreuung durch eine Luftmasse, welche sich im Schatten der Sonnenstrahlen befindet, ihre Beleuchtung daher nur von den direkt bestrahlten Teilen der Atmosphäre durch eine Diffusion erster Ordnung empfängt. Er weist durch mathematische Analyse des Vorganges nach, dass das Licht, welches von einer solchen beschatteten Luftmasse zerstreut wird, zu einem weitaus grössten

[1]) Compt. rend **106.** p. 203. — Ann. de chim. et phys. [6.] **14.** p. 1.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 17.

Digitized by Google

Teile dieselben Eigenschaften besitzt, wie das einmal zerstreute Sonnenlicht, d. h. auch bei ihm findet sich das Maximum der Polarisation in der Richtung, welche senkrecht auf der vom betrachteten Punkt nach der Sonne gezogenen Geraden steht, und das Licht ist polarisiert in der durch jene Gerade und das Auge des Beobachters gelegten Ebene. Danach ist es aber gar nicht erforderlich, dass jenes Licht, dessen Polarisationszustand Liais beobachtete, von einer direkten Beleuchtung der Atmosphäre durch die Sonnenstrahlen herrührte. Es kann sehr wohl diffuses Licht zweiter oder höherer Ordnung gewesen sein, und würde trotzdem noch immer den von Liais beobachteten Polarisationszustand aufgewiesen haben. Damit fällt das Fundament für diejenigen Schlüsse, welche man hinsichtlich der Höhe der Atmosphäre aus den Beobachtungen von Liais abgeleitet hat."

Der Gehalt der Luft an Staubteilen und dessen Einfluss auf die Durchsichtigkeit der Atmosphäre wird seit längerer Zeit von John Aitken studiert[1]) nach einem Verfahren, das im Original nachgelesen werden muss. Die Ergebnisse sind noch nicht zahlreich genug, um zu Mittelwerten verwendet zu werden, doch bieten sie manches Interessante. So fanden sich in 1 *ccm* Luft im Freien bei Regen 32000 Teilchen, bei schönem Wetter 130000, in Stubenluft in 4 Fuss Höhe 1860000, in Luft über der Bunsen'schen Flamme 30000000. Auf einem 30 *m* hohen Hügel bei Hydras (Südfrankreich) schwankte der Gehalt zwischen 3550 und 25000, in Mentone zwischen 1200 und 7200, auf Rigi-Kulm zwischen 210 und 2000, auch in Vitznau am Fusse des Rigi war er nicht wesentlich grösser. Auf dem Eiffelturm sind die Grenzen 226 und 104000, in Paris 160000—210000, in London 48000 und 116000, im schottischen Hochland 205 und 4000, auf dem Ben Nevis 335 und 473. Die Verunreinigung der Luft mit Staubpartikelchen ist also fern von menschlichen Ansiedlungen ein Minimum, ein Maximum dagegen in den grossen Städten. Die Durchsichtigkeit der Luft wird dagegen nach Aitken's Erfahrungen weder allein durch den Staubgehalt, noch allein durch die Feuchtigkeit beeinflusst, sondern lediglich vom Zusammenwirken beider. In Cyklonen ist der Staubgehalt geringer als im Gebiet barometrischer Maxima, auch bei Nebel ist er erheblich.

13. Temperatur.

Die Sternenstrahlung und die Temperatur des Weltraumes spielten vor etwa einem halben Jahrhundert in der Wissenschaft eine gewisse Rolle. Fourier und Poisson haben sich theoretisch damit beschäftigt, und Pouillet hat Versuche nach dieser Richtung hin angestellt. Unter der Temperatur des Welt-

[1]) Nature **37.** p. 428. — Ibid **14.** p. 394.

Digitized by Google

raumes wurde diejenige Temperatur verstanden, welche eine die Wärme vollständig absorbierende Masse ohne Atmosphäre an Stelle der Erde im Weltraume lediglich unter dem Einflusse der Wärmestrahlung der Sterne annehmen würde. Fourier glaubte, dass diese Temperatur nur wenig niedriger sei als die geringste auf der Erde vorkommende Temperatur, also etwa — 50° oder — 60° C. betrage. Pouillet gab die ersten absoluten Bestimmungen der Grösse der Strahlung des Weltraumes, indem er berechnete, dass die gesamte Wärme des interplanetaren Raumes oder die Sternenstrahlung, welche auf unsere Atmosphäre auftrifft, volle $^5/_6$ von der mittleren Strahlung der Sonne ausmachen soll (ca. $^4/_{10}$ Kalorie per Quadratzentimeter und Minute), ein Wert, der dann hinwiederum auf Grund der Dulong-Petit'schen Formel, beziehungsweise des von Pouillet selbt abgeleiteten ersten Theorems über die Abhängigkeit der Wärmeemission von der Temperatur des strahlenden Körpers zu jenem berühmten, merkwürdigen Resultate führte, dass „die Temperatur des Weltraumes“ — 142° C. betrage.

Dr. Maurer macht nun darauf aufmerksam[1]), dass dieses Ergebnis für die heutige Zeit alle und jede Bedeutung verloren habe, und dass damit auch alle darauf gegründeten Spekulationen wertlos sind. „Ganz abgesehen“, sagt er, „von den ungenügenden, gar nicht bindenden physikalischen Grundlagen, auf welchen überhaupt seine Rechnung betreffend die Grösse der Sternenstrahlung ruht, leitete Pouillet seine Resultate aus der Annahme ab, dass die Solarkonstante, also diejenige Wärmemenge, welche die Sonne in einer Minute an der Grenze der Atmosphäre auf eine Fläche von einem Quadratzentimeter bei senkrechter Bestrahlung absetzt, 1.76 Kalorien betrage. Die neuere Zeit hat nun bekanntlich diese letztere Grösse mit Recht nicht unbeträchtlich erhöht; greifen wir einige der jüngeren Bestimmungen heraus, so lieferten Violle's bekannte Messungen für die Solarkonstante den Wert 2.56 Kalorien, und Langley ist ja der Ansicht, dass dieselbe wohl 3 Kalorien, wenn nicht mehr, erreichen dürfte. Einzig und allein nur die Substitution dieser Werte an Stelle der Pouillet'schen in die Formeln des letzteren ändert aber das Fazit bezüglich der Sternenstrahlung und der Temperatur des Weltraumes ganz gewaltig: Mit Violle's Resultat der Solarkonstanten fällt die letztere auf nahe — 273°, mit Langley's Angaben rückt die Temperatur des Weltraumes gar gegen $-\infty$ hin, womit die Sternenstrahlung dann von selbst verschwindet! Alles, was nach Pouillet über den Betrag der Sternenstrahlung und die Temperatur des Weltraumes da und dort herausgerechnet worden ist, hält ebenso wenig Stand vor einer ernstlichen Kritik; die gegebenen Daten sind gewöhnlich Zahlwerte, welche unter bestimmten Prämissen

---

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1890. p. 18 u. ff.

Digitized by Google

und mit Zuhilfenahme mathematischer Fiktionen erhalten worden sind, die für die wirklich bestehenden Verhältnisse keine Bedeutung haben, und für deren Richtigkeit folglich niemand einstehen kann.

Dr. Maurer zeigt auch im einzelnen, dass es zur Zeit ganz unmöglich ist, über die Grösse der Energiemenge, welche uns aus dem Weltenraume durch Sternenstrahlung zukommt, auch nur die allerersten Näherungswerte zu erhalten. „Wirkliche Thatsachen, welche beweisen könnten, dass die Sternenstrahlung eine irgendwie merkliche Grösse besitzt, liegen bis jetzt keine vor. Solange aber solche Thatsachen nicht existieren, hat es gar keinen Zweck, von einer sogenannten „Temperatur des Weltraumes" im obigen Sinne zu sprechen; überhaupt dürfte es an der Zeit sein, mit dieser alten, primitiven Idee einmal aufzuräumen.

Wir können heute nur so viel sagen: Alles deutet darauf hin, dass die Energiemenge, welche uns aus dem interplanetaren Raume vermöge der Radiation von Körpern hoher und niedriger Temperatur zugestrahlt wird, jedenfalls und namentlich im Vergleich zur Sonnenwärme und zur eigenen Strahlung der Atmosphäre, von der sie, obigen Erörterungen zu Folge, gar nicht zu trennen, ganz belanglos ist. Dass die Sternenwärme aber jemals zur Erklärung gewisser meteorologischer Vorgänge an der Erdoberfläche, die eine ausserirdische, also kosmische Ursache verlangen, mit Erfolg herbeigezogen werden könne, daran ist noch viel weniger zu denken."

Die Sonnenstrahlung. Zur Bestimmung der Sonnenkonstante und behufs Entscheidung der Frage, ob der tägliche Gang der Sonnenstrahlung auf einem Berge ähnlich demjenigen ist, den die früheren Beobachtungen zu Montpellier ergeben haben, hat Crova auf dem Mont Ventoux (1907 *m*) und gleichzeitig im Dorf Bedoin (309 *m*) Beobachtungen im Sommer 1888 veranstaltet[1]) Es ergab sich, dass die Schwankungen auch auf dem Berggipfel vorhanden sind, aber mit geringerer Amplitude und nicht gleichzeitig mit jenen, die in Montpellier auftreten. Am letzteren Orte wurde zu Mittag regelmässig eine Einsenkung der Strahlungskurve festgestellt; dasselbe findet auch auf dem Ventoux statt, und die Einsenkung entsteht wahrscheinlich infolge des vertikalen Aufsteigens von Wasserdampf. Der Wert der Sonnenkonstante fand sich in der Höhe von 1900 *m* annähernd zu 3 Kalorien, also nicht sehr verschieden von demjenigen Werte, zu dem Langley gelangt ist. Crova ist indessen der Überzeugung, dass in noch grösserer Höhe sich auch ein noch grösserer Wert für die in Rede stehende Konstante ergeben hätte.

Beobachtungen über die Strahlung der Sonne hat auch Knut Angström ausgeführt[2]), und zwar nach einer ihm

[1]) Compt. rend. **108.** p. 35.

[2]) Bihang Till dvenska Vet. Akad. **15.** Afd. I. Nr. 10. Wochenschrift f. Astronomie u. Meteorologie 1890. Nr. 14—16

Digitized by Google

eigentümlichen Methode für kalorimetrische Bestimmungen. Die zur Berechnung benutzten Beobachtungen wurden im Sommer 1888 angestellt und diskutiert, um die Beziehung zwischen atmosphärischer Schichtdicke und Stärke der Sonnenstrahlung unter normalen Verhältnissen zu bestimmen. Natürlich haben die Ergebnisse zunächst nur eine lokale Bedeutung, auch ist die Zahl der Tage, an welchen die Atmosphäre so rein und unverändert bleibt, dass man die Beobachtungen wirklich zu einer genauen Untersuchung benutzen kann, nur sehr gering. Angström erhielt nur am 18. und 19. Juli brauchbares Beobachtungsmaterial, und schliesslich wurden nur die Aufzeichnungen des letzteren Tages benutzt. Angström findet seine Messungen nicht in Übereinstimmung mit dem einfachen Absorptionsgesetze und sucht zu zeigen, dass das steile Ansteigen der Kurve, welche die Strahlungsintensität darstellt, bei grosser Sonnenhöhe, für welches die Durchlässigkeitskoeffizienten Langley's keine Auskunft geben, durch die Absorption erklärt werden kann, welche die Kohlensäure der Atmosphäre auf die Wärmestrahlen der Sonne ausübt. Dadurch sind nach seiner Meinung auch die beträchtlichen Abweichungen zu erklären, welche die Bestimmungen anderer Beobachter gegen einander zeigen, indem geringe Veränderungen im Kohlensäuregehalt der Atmosphäre sich sehr merklich machen; doch spielt auch sicherlich der Wasserdampf bei Absorption des ultravioletten Teiles des Sonnenspektrums eine Rolle.

Was die Sonnenkonstante, also die Strahlung ausserhalb der Atmosphäre anbelangt, so glaubt Angström, dass man zu deren Ableitung nicht wohl berechtigt sei, weil es ohne Zweifel doch auch Wärmestrahlen gebe, die bereits in den obersten Schichten der Atmosphäre absorbiert würden. Man könne höchstens einen unteren Wert bezeichnen, welchen die Konstante haben müsse, und er findet dafür den Wert 4, also erheblich mehr, als von anderer Seite dafür ermittelt worden ist. Dennoch hält er diesen Wert noch für zu gering und ist überzeugt, dass es Sonnenstrahlen von beträchtlicher Intensität giebt, welche niemals zu uns gelangen. Der letztere Schluss wird aber wohl nur von wenigen in diesem Umfange gutgeheissen werden.

Die genaue Ermittelung der Lufttemperatur ist eine Aufgabe, die weit schwieriger ist, als der Uneingeweihte glaubt. Wild hat vor längerem eine eigentümliche Aufstellung der Thermometer in einer „Normalhütte“ ausgeführt, Assmann dagegen ein Aspirationsthermometer erdacht, um damit die wahre Lufttemperatur zu bestimmen. Wild hat die Lufttemperatur dieses letzteren Apparates als ungenügend befunden [1]), doch ist seine Prüfungsmethode völlig ungeeignet, und das Aspirationsthermometer, besonders mit den Verbesserungen, welche Assmann

[1]) Rep. f. Meteorologie **12.** Nr. 11.

Digitized by Google

ihm gegeben hat [1]), ein vortreffliches Instrument zur genauen Ermittelung der Lufttemperatur. Versuche über die beste Methode zur Bestimmung der Lufttemperatur hat Köppen angestellt [2]). Er kommt zu dem Resultate, dass „das kleine, frei dem Winde exponierte Gefäss eines Quecksilberthermometers mit dünnen Glaswänden in Bezug auf das Verhältnis der Strahlung zur Leitung so günstige Bedingungen darbietet, wie sie durch kein dasselbe umgebendes Gehäuse erreicht oder übertroffen werden, solange man nur natürliche Ventilation anwendet. Bei einseitiger Strahlung kann indessen diese ausgeschlossen werden, ohne die Luftbewegung allzusehr zu verringern, und zwar müssen dazu zwischen Strahlungsquelle und Thermometergefäss, in genügender Entfernung vom letzteren, Objekte sich befinden, deren dem Thermometer zugekehrte Seite nicht mehr wesentlich von der Strahlungsquelle beeinflusst wird, oder doch nur in demselben Masse, wie die Lufttemperatur. Nicht zum Schutz gegen Strahlung, wohl aber zur Verhütung der Benetzung und der Beschädigung der Thermometer empfiehlt sich allerdings eine Schutzvorrichtung, die aber so einfach und luftig wie möglich sein sollte. Damit ist also in aller Form über die mehr oder minder künstlichen „Beschirmungen", welche man in den beiden letzten Jahrzehnten erdacht hat, um dem Thermometer ein richtigere Angabe der Lufttemperatur zu ermöglichen, der Stab gebrochen; Thermometergehäuse und -hütten sind in jedem Falle schädlich, und die freie Aufhängung ist vorzuziehen.

Die Änderungen der Temperatur mit der Höhe sind von André studiert worden, der in der Nähe von Lyon an drei Stationen in 175, 300 und 625 *m* Höhe registrierende Instrumente aufstellen liess [3]). Die Aufzeichnungen umfassen die Jahre 1881 bis 1884. Im Jahresmittel hat man:

	Temperatur	mittleres Maximum	mittleres Minimum	tägliche Amplitude
in 175 *m* Höhe	10.9° C.	16.4° C.	6.1° C	10.3° C.
„ 300 „ „	10.7	15.5	6.8	8.6
„ 625 „ „	8.8	12.6	5.8	6.8

Über die Ursache der Abnahme der Temperatur mit der Höhe in der Atmosphäre hat Prof. A. Schmidt sich verbreitet [4]). „Diese Abnahme", sagt er, „ist eine allgemeine, in den unteren Schichten der Atmosphäre unregelmässige, in den oberen Schichten regelmässige Erscheinung. In Betreff der Erfahrungsresultate möge hier zur Würdigung des theoretischen Resultates angeführt werden, dass aus James Glaisher's Beobachtungen im

[1]) Meteor. Zeitschr. 1889. p 278.
[2]) Archiv der deutschen Seewarte **10.** Nr. 2.
[3]) André, Influence de l'altito de sur la témperature, Lyon 1887.
[4]) Mathemat.-naturwissenschaftl. Mitteil. 1889. **3.** 1. Wochenschrift für Astronomie u. Meteorologie 1890. Nr. 7 u. 8.

Digitized by Google

Ballon sich für die unteren Schichten im Mittel eine Temperaturabnahme von 1° C. auf 145 *m* Erhebung ergiebt.

Die Erscheinung schliesst zunächst einen Widerspruch mit dem Gesetz der Schwere ein, insofern ceteris paribus kalte Luft schwerer ist, als warme, und da der Ausdehnungskoeffizient der Luft beträchtlich grösser ist, als der des Wassers, so muss bei der Luft das Bestreben der kälteren Schichten, sich unter den wärmeren abzulagern, eine vergleichungsweise viel grössere sein, als beim Wasser. Wenn also thatsächlich die oberen Luftschichten kälter sind, als die unteren, so muss es eine Ursache geben, welche das unter einseitiger Berücksichtigung des Mariotte'schen Gesetzes aus der Gravitation entspringende Bestreben nicht nur ausgleicht, sondern sogar die Temperaturgleichheit aufhebt und bewirkt, dass die oberen Schichten die kälteren werden.

Dass die Erwärmung der untersten Luftschicht durch Leitung bei Berührung mit der Erdoberfläche unter Umständen hierbei ein sehr wirksamer Faktor sein kann, beweisen die auffallendsten Thatsachen.

Diese Wärmeleitung vom Erdboden kann aber die gesuchte allgemeine Ursache deswegen nicht sein, weil letztere auch zu Zeiten, wo die Wärmeleitung des Bodens sich in ihr Gegenteil verkehrt, fortdauert. Als die gesuchte Ursache müssen wir Temperaturänderungen ansehen, welche auf- oder absteigende Luftmengen den Gesetzen der Wärmetheorie entsprechend erleiden. Hier teilen sich nun die Anschauungen der Meteorologen. Während die Mehrzahl derselben die Wärmeänderungen aus der Kompression und Expansion herleitet, welche die absteigende und aufsteigende Luft dem Barometergesetz entsprechend erleidet, so vertreten Guldberg und Mohn[1]) eine andere Ansicht. Für sie sind diese Wärmeänderungen das Äquivalent derjenigen Arbeit, welche zum Heben der Luftmengen verbraucht oder beim Fallen gewonnen wird.

Merkwürdigerweise kommen beide Anschauungen zu demselben Ergebnis der Rechnung, dass nämlich trockene atmosphärische Luft in vertikaler Säule dann im indifferenten Gleichgewicht sei, wenn die Temperatur ziemlich genau auf 100 *m* um einen Grad C. abnehme Ist die Abnahme der Temperatur eine raschere, so sei das Gleichgewicht ein labiles, umgekehrt ein stabiles.

Die Versuchung liegt sehr nahe, die Gleichheit des Resultats als eine Bestätigung der einen Vorstellungsweise durch die andere anzusehen, beides als gleichberechtigte Betrachtungsweisen von verschiedenen Gesichtspunkten aus aufzufassen So finden sich beide Betrachtungsweisen bei A. Ritter[2]) zur gegenseitigen

[1]) Zeitschr. der österr. Gesellschaft für Meteorologie 1878. p. 113 u. f.
[2]) Wiedemann's Annalen 5. p. 405. 1878.

Digitized by Google

Bestätigung neben einander gestellt, und ebenso bei Sprung[1]). Allein nicht ganz mit Unrecht macht v. Bezold[2]) die Bemerkung, dass, wenn beide Anschauungen richtig wären, sich für die Temperaturänderungen mit der Höhe genau die doppelten Beträge ergeben müssten". Schmidt zeigt nun des näheren, dass die Guldberg-Mohn'sche Grundanschauung die einzig zulässige ist.

Die Nachttemperatur auf hügeligem Boden ist vom Grafen d'Espiennes zu Sey in der Provinz Namur durch eine Reihe von Beobachtungen untersucht worden, um festzustellen, wie sich bei heiterem Himmel die Luftbewegung längs der Abhänge gestaltet[3]). Der Beobachter wurde zu diesen Untersuchungen veranlasst durch die Wahrnehmung, dass bei den Frösten im Winter 1879–1880 fast sämtliche Bäume in den Thalgründen vernichtet worden waren, während auf den Abhängen und den Gipfeln der Hügel nur wenige Verheerungen eintraten. Die Beobachtungen geschahen, indem Thermometer gleichzeitig auf dem Gipfel und den Abhängen der Hügel und in den Tiefen der Thäler abgelesen wurden. Die Beobachtungen fanden nur bei windstiller Luft statt, und um die Bewegung der Luft an der Oberfläche des Bodens zu erkennen, wurden dort kleine Kerzchen angezündet, welche durch die Richtung der Flamme, selbst die schwächste Strömung der Luft nach Richtung und Stärke erkennen liessen. Als Ergebnis dieser sorgfältigen Beobachtungen fand sich: 1. dass während ruhiger, klarer Nächte (aber nur in diesen) die Luft, indem sie erkaltet, nach Untergang der Sonne von dem Gipfel der Hügel in den Grund der Thäler abfliesst und deren Lauf folgt, mit geringer oder grösserer Geschwindigkeit je nach der Neigung derselben; 2. die niedrigsten Temperaturen finden sich stets in den Thälern, vorzugsweise, wenn diese geringen oder gar keinen Fall haben. Wenn unter letzteren Umständen irgend ein Hindernis, z. B. ein Gehölz, ein Erdwall oder dergl. das Thal absperrt, so stagniert die kalte Luft und bildet gewissermassen einen Luftsumpf, in welchen selbst zur Sommerszeit die Temperatur auf 0° und sogar darunter sinken kann, indem die Ausstrahlung während des Stagnierens fortfährt, die Temperatur zu erniedrigen. An solchen Punkten bilden sich dann in ruhigen, klaren Nächten gern jene intensiv weissen Nebel in Schichten von einigen Metern Dichtigkeit, welche ungeachtet der Kondensation der Dämpfe und des Schutzes gegen die Ausstrahlung, welche sie gewähren, d. h. durch ihre Frostkälte im Frühjahre und selbst im Sommer dem Kartoffelkraut und den Küchengärten verderblich werden. Diese Untersuchungen beweisen, dass zarte Kulturpflanzen nicht in den Tiefen zwischen Hügeln gezogen werden dürfen, denn in solchen Thälern herrscht

[1]) Lehrbuch der Meteorologie p. 162 u. f.
[2]) Mitteil. der Berliner Akademie 1888. p. 487 u. ff.
[3]) Ciel et terre 1890. Nr. 4 p. 80.

Digitized by Google

bei Tage nicht selten eine wahre Gluthitze, während in den darauf folgenden Nächten die Temperatur vielleicht unter den Gefrierpunkt sinkt.

Temperaturbeobachtungen auf dem Gipfel des Eiffelturmes, 301 *m* über dem Boden und 336 *m* über dem Seespiegel, sind seit Juli 1889 mittels eines selbstregistrierenden Thermometers, dessen Angaben oft und in ausreichender Weise kontrolliert wurden, angestellt worden [1]). Unter den gewöhnlichen Annahmen, dass die Wärme für je 180 *m* Höhenzunahme um 1° C. sinkt, müsste die Temperatur auf der Spitze des Turmes um 1.59° im Mittel niedriger sein als die der Umgebung von Paris. In Wirklichkeit findet sich, dass die Differenz im Sommer und bei Tage (Mittel der Maxima) viel grösser ist und viel kleiner im Winter und während der Nacht (Mittel der Minima), wo man in der Regel sogar eine Umkehrung der Temperaturen findet; die Luft ist dann viel wärmer in 300 *m* als nahe dem Boden. Die Hauptursache dieser Verschiedenheit ist die Kleinheit des Emmissions- und Absorptionsvermögens der Luft, die sich am Tage sehr wenig direkt erwärmt und sich in der Nacht auch nur sehr wenig abkühlt; die tägliche Temperaturschwankung in einer bestimmten Höhe der freien Atmosphäre muss daher klein sein; sie wird hingegen grösser in den unteren Schichten der Atmosphäre, denen sich die Temperaturschwankungen des Bodens durch Kontakt mitteilen. Zwischen dem Boden und einer Höhe von 200—300 *m* muss daher die Abnahme der Temperatur am Tage sehr schnell erfolgen und in der Nacht sehr langsam, und selbst Temperaturumkehrungen werden bei ruhigem, schönem Wetter eine normale Erscheinung. Diese Betrachtungen werden durch die Beobachtungen auf dem Turme in vollständigster Weise bestätigt; besonders in ruhigen, klaren Nächten ist die Temperatur auf dem Gipfel oft um 5—6° höher als am Boden.

Die vertikale Temperaturabnahme in Gebirgsgegenden ist von Süring in ihrer Beziehung zur Bewölkung untersucht worden [2]). Am eingehendsten sind bisher die winterlichen Abweichungen vom üblichen Gange der vertikalen Temperaturänderung behandelt, bei welchen sich statt einer Abnahme der Wärme mit der Höhe eine Zunahme zeigt. Es stellte sich heraus, dass die Ein- und Ausstrahlung am Erdboden und infolgedessen auch die Bewölkung einen bestimmenden Einfluss auf das Zustandekommen dieser Erscheinung der Inversion hat. In welcher Weise sich die Bewölkung im allgemeinen bei der Temperaturänderung mit der Höhe geltend macht, hat man bisher nur für sehr geringe Höhen — bis ca. 350 *m* — einigermassen eingehender untersucht. Verf. hat es nun unternommen, in Gebirgsgegenden für Höhenunterschiede bis zu 1250 *m* die Abhängigkeit

---

[1]) Compt. rend. **109.** p. 898. 1889.

[2]) Inaugural-Dissertation. Leipzig 1889. Max Hoffmann.

Digitized by Google

der vertikalen Temperaturänderung von der Bewölkung näher zu betrachten.

Er untersucht drei Stationsgruppen (Eichberg-Schneekoppe, Neuenburg-Chaumont und Puy de Dôme) und gelangt zu folgenden Beziehungen:

1. Bei klarem Wetter ist am Morgen stets die Neigung zu einer Temperaturumkehr vorhanden. Dieselbe erstreckt sich im Sommer bis zu etwa 500 *m* Höhe, im Winter bedeutend höher. Am Abend findet sich dieselbe Erscheinung in schwächerem Masse wieder

2. Ist der Himmel bedeckt, so ist weder eine tägliche, noch eine jährliche Periode des vertikalen Gradienten stark ausgeprägt.

3. Eine Abweichung von dem Gesetz einer der Höhe direkt proportionalen Temperaturabnahme kommt hauptsächlich vor in den Morgenstunden der heiteren Tage — die vertikale Wärmeänderung erfolgt dann in den unteren Luftschichten langsamer als in den oberen — und an den trüben Tagen der warmen Jahreszeit, wo in den untersten Schichten der Luft die vertikale Temperaturverminderung beschleunigt erscheint.

14. Luftdruck.

Über die Ursache der täglichen periodischen Luftdruckschwankungen hat sich Buchan in seiner Bearbeitung des meteorologischen Teiles der Challenger-Expedition verbreitet[1]. Unter der Annahme, dass der Wasserdampf in seinem reinen Gaszustande ebenso diatherman ist, wie die trockene Luft der Atmosphäre, wird das Morgenminimum des Druckes veranlasst durch eine Abnahme der Spannung, die hervorgebracht wird durch ein verhältnismässig plötzliches Sinken der Temperatur der Luft in ihrer ganzen Höhe infolge der Erdausstrahlung und durch einen Übergang eines Teiles des Wasserdampfes vom gasförmigen in den flüssigen Zustand bei seiner Ablagerung auf die Staubteilchen der Luft. „Das Morgenminimum rührt somit nicht her von einem Abfliessen der im Scheitel befindlichen Luftmasse, sondern von der Abnahme der Spannung des Wasserdampfes durch Temperaturerniedrigung und Zustandsänderung. Wenn mit mit dem Steigen der Sonne die Luft erwärmt wird, so tritt eine Verdampfung von den feuchten Oberflächen der Staubteilchen ein, und die Spannung nimmt zu; da nun die Staubteilchen in den Sonnenstrahlen sich auch mehr erwärmen als die Luftschichten, welche sie umgeben, so wird wieder die Temperatur der Luft erhöht und damit ihre Spannung. Unter diesen Umständen steigt das Barometer stetig mit der zunehmenden Spannung zum Morgenmaximum. Es muss betont werden, dass das Steigen des Baro-

[1]) Referat in Nature **41.** p. 443. 1890 und in Naturw. Wochenschrift 1890. p. 348.

Digitized by Google

meters nicht veranlasst wird durch irgend welche Vermehrung der Luftmasse über dem Scheitel, sondern nur durch die Temperaturzunahme der Luft und die Zustandsänderung eines Teiles ihres Wasserdampfes.

Nach und nach stellt sich ein aufsteigender Strom warmer Luft ein, der Druck sinkt allmählich in dem Grade, als die Luftmasse im Scheitel vermindert wird durch den aufsteigenden Strom, der als ein oberer Strom nach Osten abfliesst, mit anderen Worten nach dem Abschnitt der Atmosphäre, welcher weiter im Osten liegt, dessen Temperatur nun beträchtlich tiefer gesunken ist als die der Gegend, aus welcher der aufsteigende Strom sich erhebt; und dies dauert an, bis der Druck auf sein Nachmittagsminimum gesunken ist.

Das Abfliessen der Luft nach Osten, nachdem sie aus Längen aufgestiegen, wo der Druck zur Zeit ein Minimum ist, vermehrt den Druck an den Längen, wo die Temperatur nun schnell sinkt, und so entsteht das Abendmaximum des Druckes, welches zwischen 9 h. p. m. und Mitternacht, je nach der Breite und geographischen Lage eintritt. Mit dem Vorrücken der Morgenstunden wird dieser Zufluss immer kleiner und hört schliesslich ganz auf, und so beginnt nun die Erdausstrahlung zu wirken, um das Morgenminimum in oben angegebener Weise hervorzubringen. Während des Abendmaximums treten auch die täglichen Maxima des Wetterleuchtens und der Polarlichter auf, da während dieser Phase des Druckes die Zustände der Atmosphäre reichlichste Menge von Eisnadeln in den oberen Regionen entstehen lassen, an denen die magnetoelektrischen Entladungen sich abspielen. Bemerkenswert ist noch, dass, in Übereinstimmung mit dieser Erklärung, die Grösse der täglichen Barometerschwankung merklich auf ihr Minimum sinkt in den Antizyklonengebieten der grossen Ozeane, wo wegen der dort vorherrschenden absteigenden Ströme die Ablagerung des Wasserdampfes auf die Staubteilchen weniger reichlich ist".

Über Barometermaxima im Anschluss an die Beobachtungen des Luftdruckmaximums im November 1889 hat Prof. Hann eine wichtige Abhandlung veröffentlicht[1]. Da das erwähnte Maximum (vom 12.—24. Nov.) fast während der ganzen Zeit mit seinem Zentrum über dem Alpengebiete lagerte, war es möglich, die Beobachtungen der nun zahlreichen und bis zu 3100 *m* Seehöhe hinaufreichenden meteorologischen Stationen zu einer eingehenderen Untersuchung der meteorologischen Zustände in den höheren Luftschichten während der Dauer eines Luftdruckmaximums zu verwerten. Namentlich wurde versucht, mit Hilfe von neun Höhenstationen in den Alpen und Beiziehung der Stationen auf dem Pic du Midi, Puy de Dôme und auf der Schneekoppe die

[1] Sitzungsber. d. k. Akad. d. W. zu Wien. Akad. Anz. 1890. Nr. 9.

Digitized by Google

Verteilung des Luftdruckes und der Temperatur in dem Niveau von 2500 *m* angenähert festzustellen. Da sieben von diesen Stationen über dem Niveau von 2000 *m* liegen, so konnte die Luftdruckverteilung in 2500 *m* mit hinlänglicher Genauigkeit berechnet werden. Eine andere Tabelle giebt für die Periode des höchsten Barometerstandes vom 19.—23. November alle wichtigeren meteorologischen Verhältnisse in den Niederungen und auf den Höhen in detaillierterer Weise.

„Das Hauptergebnis der an diese Tabellen geknüpften Erörterungen und Schlussfolgerungen kann in folgenden Sätzen zusammengefasst werden:

1. Das Barometermaximum vom November 1889 erstreckte sich zu sehr grossen Höhen der Atmosphäre. Die Luftdruckbeobachtungen zeigen, dass dasselbe in einer Seehöhe von mehr als 3 *km* noch ebenso intensiv auftrat als an der Erdoberfläche. In einer Seehöhe von 2500 *m* stimmte die Lage des Zentrums des Luftdruckmaximums noch mit jener an der Erdoberfläche überein.

2. Der Luftkörper des Barometermaximums hatte eine hohe Temperatur. Noch in mehr als 3 *km* Seehöhe war die relative Erwärmung ebenso gross wie in 1000 *m* (8° über dem Mittel); die gewöhnliche Temperaturdepression der winterlichen Anticyklonen war auf die unteren, der Erdoberfläche nächsten Luftschichten von einigen Hundert Metern Mächtigkeit beschränkt. Der mittlere Wärmeüberschuss (über die normale Temperatur) der Luftsäule bis zu 3100 *m* Seehöhe kann für die Zeit vom 19.—23. November auf mindestens 6° veranschlagt werden. Selbst nach den niedrigsten Abschätzungen muss der Wärmeüberschuss bis zu 5000 *m* hinaufgereicht haben.

3. In der höheren warmen Luftschicht, etwa von 1000 *m* Seehöhe an, herrschte eine grosse Trockenheit. Die mittlere relative Feuchtigkeit vom 19.—23. November auf dem Sonnblick (in 3100 *m*) war nur 43 %, auf dem Säntis (2500 *m*) 34 %, nach sorgfältig reduzierten Psychrometerbeobachtungen. Die Koppe'schen Haarhygrometer gaben eine noch grössere Trockenheit.“

Prof. Hann sieht in diesen Ergebnissen einen zwingenden Beweis dafür, dass die Luft in den Barometermaximas in einer herabsinkenden Bewegung begriffen ist, und dass die Druckverhältnisse in denselben nicht aus den Temperaturverhältnissen erklärt werden können, sondern eine Folge der Bewegungsform der Luftmassen in einer Anticyklone sein müssen. Die Wärmeverhältnisse der Luft sind von dieser Bewegungsform abhängig, sie sind eine Folgeerscheinung derselben, wie die Trockenheit der Luft, die Klarheit des Himmels, die ungemein gesteigerte Wärmeausstrahlung (im Winterhalbjahre), durch welche die Kälte der untersten ruhenden Luftschichten sich erklärt.

Digitized by Google

Prof. Hann untersuchte auch die vertikale Temperaturverteilung in einem Barometerminimum, um Vergleiche mit jener in dem Barometermaximnm zu ermöglichen. Gelegenheit dazu bot das Barometerminimum vom 1. Oktober 1889, das ziemlich zentral über den Ostalpen lag. Mit Hilfe der zahlreichen Höhenstationen bis zu 3100 *m* liess sich folgendes feststellen:

Die mittlere Temperaturabweichung der Luftsäule (vom 30-jährigen Mittel) in dem Barometerminimum bis zu 3100 *m* Seehöhe war —4.3°. Die Verteilung der negativen Abweichungen war ziemlich gleichförmig durch die ganze Höhe.

Die Berechnung der Temperaturen, selbst in dem Barometerminimum vom 1. Oktober, sowie jener in dem Barometermaximum vom 19.—23. November, ergiebt nach den Beobachtungen in verschiedenen Seehöhen bis zu 3100 *m* folgende Resultate:

Höhe in Kilometern . .	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
				Temperatur			
Barometerminimum . .	7.9°	5.1°	2.3°	—0.6°	—3.4°	—6.2°	—9.1°
Barometermaximum . .	—2.7	6.3	4.4	2.5	0.6	—1.3	—3.2

Die Temperatur in dem Barometermaximum ist nach den Beobachtungen um 7^{h} morgens angegeben, jene für das Minimum im Tagesmittel. Der Vergleich ist so ungünstig als möglich, und trotzdem war die Luft in dem Barometermaximum Ende November wärmer, als jene im Barometerminimum am 1. Oktober. Als genäherte mittlere Temperatur einer Luftsäule von mehr als 3 *km* Höhe ergiebt sich: Für das Barometerminimum am 1. Oktober —0.6°, für das Barometermaximum vom 19.—23. November +1.6°. Letztere Zahl stellt einen unteren Grenzwert dar. In der That, berechnet man die mittlere Temperatur aus den Barometerständen auf dem Sonnblick und zu Ischl, so findet man sie für das Höhenintervall von 470—3100 *m* zu 2.8° C.

Hann zeigt noch ausführlicher, dass selbst während der heftigen andauernden Südwinde am 9. und 10. Oktober 1889, welche als heisser Föhn in den Thälern auf der Nordseite der Ostalpen auftraten, die Temperatur auf dem Sonnblickgipfel niedriger war, als während des Barometermaximums zu Ende November. Auf den höchsten Alpenstationen bringen überhaupt nur die Barometermaxima die grössten Erwärmungen, das Thermometer steigt stets mit dem Luftdruck.

„Es ist", sagt Hann, „den in neuerer Zeit gegründeten hohen Gipfelstationen zu danken, dass wir uns von dem Vorurteile befreien konnten, zu welchem die Beobachtungen an der Erdoberfläche (oder auch in Hochthälern) verleitet haben, dass die Temperaturen in den Anticyklonen und Cyklonen eine Hauptbedingung für diese Bewegungsformen der Atmosphäre seien. Nach Obigem steht so viel fest, dass die Frage nach der Ursache derselben mit der Thatsache rechnen muss, dass bis zu Höhen von mindestens 4—5 *km* hinauf die mittlere Temperatur

Digitized by Google

der Luftsäule im Zentrum einer Anticyklone höher sein kann und wahrscheinlich stets höher ist, als jene im Zentrum einer Cyklone.

Damit fallen die vorherrschenden Ansichten über die Ursachen der Anticyklonen, wie sie z. B. Ferrel noch festhält. Die Beobachtungen sind dagegen in Übereinstimmung mit den Ansichten derjenigen, welche. wie der Verfasser, die wandernden Cyklonen und Anticyklonen nur für Teilerscheinungen der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre halten, deren Bewegungsenergie, wie erstere selbst, auf den Temperaturunterschied zwischen Äquator und Pol zurückzuführen ist. Die Temperatur in den Cyklonen und Anticyklonen ist durch die Bewegungsform der Luft bestimmt, und nicht umgekehrt. Bei den stationären Cyklonen und Anticyklonen über den Ozeanen und Kontinenten, der höheren Breiten namentlich, hat dieser Satz nur teilweise Geltung. Die konstante Temperaturdifferenz bedingt daselbst eine atmosphärische Zirkulation zweiter Ordnung in den unteren und mittleren Schichten der Atmosphäre. Teisserenc de Bort unterscheidet deshalb, wie uns scheint mit Recht, zwischen dynamischen und thermischen Cyklonen und Anticyklonen. Wo die niedersinkende Bewegung herrscht, steigt die Temperatur, dort wo aufsteigende Bewegung ist, sinkt sie. Die im letzteren Falle eintretende Kondensation des Wasserdampfes kann und muss die Temperaturabnahme vermindern, sie kann sie aber nicht gänzlich aufheben oder gar ins Gegenteil verwandeln. Da nun die Temperaturzunahme herabsinkender Luftmassen eine raschere ist als die Temperaturabnahme der aufsteigenden, so muss in einem geschlossenen vertikalen Kreislaufe der absteigende Arm eine höhere Temperatur haben als der aufsteigende. Die mitgeteilten Thatsachen stehen damit in Übereinstimmung."

Die Veränderung in der Lage der grossen Aktionszentren (Cyklonen und Anticyklonen) der gemässigten Zone unserer Nordhemisphäre ist von A. de Tillo studiert worden [1]). Derselbe kommt zu dem Ergebnisse, dass diesen Cyklonen und Anticyklonen durchschnittlich eine Bewegung zuzuschreiben sei, welche die Cyklonen des Nordatlantic von Beginn bis zur Mitte des Jahres bis nach Asien führe, das grosse Hochdruckgebiet Asiens dagegen nach dem Stillen Ozean und die Cyklonen dieses Ozeans nach Nordamerika. Eine Veränderung des Luftdruckes, die zu einer derartigen Vorstellung führen könnte, ist im allgemeinen wohl angedeutet, allein ein eigentliches Wandern der Cyklonen oder Anticyklonen, wie sich de Tillo vorstellt, kommt doch anscheinend nicht vor.

Der Einfluss des Luftdruckes auf die Schlagenden Wetter der Steinkohlengruben wird von H. Harries auf die Nachgiebigkeit der Erdkruste gegen erhöhten Druck zurückgeführt [2]),

[1]) Compt. rend. **106.** [1] p. 1024. [2]) Nature 1890. p. 437.

Digitized by Google

wodurch die in den Kohlen eingeschlossenen Gase herausgepresst würden. Danach müssten die meisten Ansammlungen von Schwaden stattfinden, wenn der Luftdruck am höchsten ist. Im Jahre 1879 [1]) wurde eine Kommission zur Untersuchung der Grubenunfälle eingesetzt, und Sir F. Abel erstattete im Jahre 1887 in der Institution of Civil Engineers einen Bericht, aus welchem folgendes zu entnehmen ist. In den Jahren 1875—1885 sind 2229 Todesfälle in England durch Grubengas erfolgt. Nur 17.4 % davon fallen in die Zeiten niedrigen Barometerstandes; von den Explosionen ereigneten sich bloss 18.7 % bei Luftdruck unter dem Mittelwert. Der Verfasser zählt eine Reihe von Grubenunfällen auf, welche bei hohem Luftdruck eintraten.

Wenn man den Einfluss der Luftdruckänderung auf den Zustand der Gruben beurteilen will, muss man vorerst erkennen, dass die Grubengase unter zweierlei ganz verschiedenen Verhältnissen sich ansammeln. Erstens in grossen Räumen in freiem Kontakt mit der Atmosphäre, und hier ist bei schlechter Ventilation die Gefahr bei fallendem Barometer grösser. Diese Gefahr ist den Bergleuten bekannt, und sie richten sich danach; die Zahl der Explosionen bei fallendem Luftdruck ist darum geringer.

Die wichtigere Frage der Explosionen bei hohem Druck ist wenig beachtet worden, weil man glaubt, die wahre Ursache sei niedriger Druck, nur das Barometer sei zu träge, um die Änderung unmittelbar anzuzeigen. Das ist ganz nach Art der Klagen, das Barometer sei unverlässlich, weil es das Wetter unrichtig anzeigt; es zeigt eben nur den Luftdruck an. Das Grubengas ist jedoch nicht allein in den grossen Räumen vorhanden, es steckt auch in der Kohle selbst und in Hohlräumen innerhalb der Erde, und zwar unter einem sehr hohen Druck von 15 bis 30 Atmosphären. Die Unglücksfälle bei steigendem Barometer treten fast immer plötzlich ein und in gut verwalteten Gruben, wo man vorher selten oder niemals Ansammlung der Gase bemerkt hat. Die Erde verhält sich unter dem wechselnden Druck wie ein grosser Gummiball, nur dass bei der Kompression in ihrem Innern Risse und Sprünge entstehen, durch welche das Gas aus sonst geschlossenen Hohlräumen ausströmt. Zur Begründung der Ansicht, dass die Erde dem Luftdruck bedeutend nachgiebt, beruft sich Harries auf Prof. Darwin, welcher in einem Artikel über Erdbeben in „Fortnightly Review" (Februar 1887) sagt: „Ich habe einige Rechnungen ausgeführt und gefunden, dass wir durch die Verschiebung der (atmosphärischen) Gewichte bei sehr hohem Barometerstand wahrscheinlich etwa drei oder vier Zoll näher dem Erdzentrum sind, als bei sehr niedrigem Stand." Es ist dem Bergmann bekannt, dass bei hohem Barometer nicht aus offenen Räumen, sondern aus der Kohle Gas ausströmt. Der Druck des

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1890. p. 200.

Digitized by Google

Gases in abgeschlossenen Räumen ändert sich im gleichen Sinne wie der Luftdruck; darüber liegen Versuche vor, welche nach dem Grubenunglück von Seaham 1880 angestellt wurden, und auch Beobachtungen aus Österreich und Deutschland führen zu demselben Ergebnis.

In einer durch zahlreiche Schlagwetter unvorteilhaft bekannte Grube im nordfranzösischen Kohlenbecken bei Douai hat Chesneau im Jahre 1886 Untersuchungen über den Einfluss der Luftdruckschwankungen und Bodenbewegungen auf die Entwickelung der Schwaden angestellt [1]). Die Schwaden wurden jeden Tag mittels einer Pilier'schen Lampe gemessen und nahe bei der Grube mikroseismische Bodenschwankungen mittels des Pendeltromometers verzeichnet. Von den 230 Tagen, an welchen Schlagwetterbeobachtungen ausgeführt wurden, konnten nur 179 mit gleichzeitigen Beobachtungen der anderen beiden Elemente verglichen werden. Stellt man nun die Kurven der Beobachtungen zusammen, so findet man „Übereinstimmung“ an 81 Tagen, „Widerspruch“ an 46 und „Unabhängigkeit“ an 51 Tagen. Bei der Vergleichung der Schlagwetter mit den Luftdruckschwankungen fand man Übereinstimmung an 75 Tagen, Widerspruch an 51 und Unabhängigkeit an 54 Tagen. Berücksichtigt man von den mikroseismischen Beobachtungen nur die Extreme, die stärksten Bewegungen, welche einen bestimmten Wert überstiegen, und die Tage absoluter Ruhe, so findet man, dass 43 Übereinstimmungen nur 17 Widersprüche entgegenstehen. Bezüglich der Luftdruckschwankungen findet man 11 Übereinstimmungen und 9 Widersprüche. Als Resultat ergiebt sich danach, dass eine bestimmte Beziehung zwischen den mikroseismischen Bewegungen und den Entwickelungen der Schlagwetter existiert; hingegen scheint der Einfluss der Druckschwankungen weniger ausgesprochen zu sein. Berücksichtigt man nur die starken Zunahmen des Grubengases, welche mehr als 0.5 % betragen haben und mehrere Tage über dem Mittel geblieben sind, so findet man bemerkenswerte Übereinstimmung aller drei Erscheinungsreihen. Sehr beträchtliche Barometerschwankungen waren ohne Einfluss auf die Grubengasentwickelung, wenn gleichzeitig das Tromometer ruhig geblieben; umgekehrt hatten starke seismische Stürme, wenn sie zu einer Zeit auftraten, wo das Barometer im Steigen begriffen war, keinen ernsteren Einfluss auf die Entwickelung der Schlagwetter.“

15. Luftfeuchtigkeit, Nebel und Wolken.

Über die Entwickelungsgeschichte der Wolken verbreitet sich Dr. O. Volger auf Grund eigener, sehr aufmerksamer

[1]) Annales des Mines 1888. [8]. **13.** p. 383.

Beobachtungen[1]). Mit Recht dringt er darauf, dass die Entwickelung der Wolkengebilde planmässig verfolgt werde, was allerdings seine grossen Schwierigkeiten habe, weil wesentliche Bedingungen überhaupt unsichtbar sind, und andererseits „ihre Erscheinungen uns von frühester Jugend so zur Gewohnheit geworden sind, dass es den meisten Menschen unmöglich ist, sich über dieselben zu verwundern.“

Untersuchungen über die Bildung der Wolken und Niederschläge hat auch W. v Bezold angestellt[2]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass es dreierlei Vorgänge giebt, die entweder für sich allein oder im Zusammenwirken eine Kondensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre zur Folge haben können:

„a. Direkte Abkühlung, sei es durch Berührung mit kalten Körpern oder durch Strahlung.

b. Adiabatische Expansion oder wenigstens Expansion bei ungenügender Wärmezufuhr.

c. Mischung feuchter Luftmengen von verschiedener Temperatur.

In entsprechender Weise erfolgt die Auflösung bereits vorhandener Nebel und Wolken durch die folgenden Vorgänge:

a. Direkte Erwärmung, sei es durch Strahlung oder durch Berührung mit wärmeren Körpern.

b. Kompression, sei es adiabatisch oder wenigstens bei ungenügender Wärmeentziehung.

c. Mischung mit anderen Luftmengen von genügender Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt

Von diesen dreierlei Vorgängen ist der jedesmal an erster Stelle genannte der wirksamste.

Um eine gegebene Wassermenge zu kondensieren oder aufzulösen, bedarf es nur einer verhältnismässig geringen direkten Abkühlung oder Erwärmung.

Die letztere muss beträchtlicher sein, d. h. ein grösseres Temperaturintervall umfassen, wenn die Kondensation oder Auflösung der gleichen Menge durch adiabatische Expansion oder Kompression erfolgen soll

Noch viel bedeutendere Temperaturdifferenzen müssen aber dann ins Spiel kommen, wenn durch Mischung die nämliche Menge zur Kondensation oder zur Verdampfung gebracht werden soll, sofern dies überhaupt möglich ist.

„Das erste Paar dieser Vorgänge: die direkte Abkühlung oder Erwärmung kommt vorzugsweise in Betracht bei der Bildung der eigentlichen Nebel, die sich vom Erdboden anfangend bis in grössere oder geringere Höhen erstrecken.

In Zeiten überwiegender Ausstrahlung kühlt sich zunächst der Erdboden ab Sowie die Abkühlung bis zum Taupunkte vorgeschritten ist, tritt in der alleruntersten Schicht Kondensation ein. Hierdurch vermehrt sich das Emissionsvermögen dieser Schicht selbst, sie erkaltet demnach in ihren obersten Lagen

[1]) Gaea 1890. p. 65 u ff.

[2]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. 1890. 19.

Digitized by Google

selbst durch Strahlung, und so wächst die Nebelschicht mehr und mehr von unten nach oben, um später in Zeiten vermehrter Einstrahlung sich genau in der umgekehrten Weise wieder aufzulösen. Abgesehen von dem sogenannten Nebelreissen kommt es bei dieser Art der Kondensation zu keinen beträchtlichen Niederschlägen. Der Grund liegt wohl darin, dass eben durch das Anwachsen der Nebelschicht nach oben den unteren Schichten die Möglichkeit weiterer intensiver Ausstrahlung genommen wird. In den höheren Schichten der Atmosphäre wird solche Kondensation durch direkte Ausstrahlung wohl nur eintreten, wenn bereits auf eine andere Weise, sei es durch Mischung oder auch durch Expansion, vielleicht auch durch Rauch, Trübung erzeugt worden war. An der oberen Wolkengrenze, besonders bei Stratuswolken, dürften sich die Vorgänge des Anwachsens und Auflösens der Wolke durch direkte Aus- oder Einstrahlung ebenso vollziehen, wie die Bildung und Auflösung des Nebels in der untersten Luftschicht.

Die Wolkenbildung durch adiabatische Expansion sowie die Auflösung durch Kompression tritt überall ein, wo man es mit auf- oder absteigenden Luftströmen zu thun hat. Die sommerliche Haufwolke mit horizontaler Basis, die Gewitterwolke und die eigentliche Regenwolke, verdanken ihr die Entstehung. Inwiefern nächtliche Ausstrahlung die obersten Schichten solcher Wolken beeinflusst, dies können erst weitere Forschungen klar legen.

Wesentlich verwickelter als bei den beiden bisher betrachteten Arten der Bildung und Auflösung von Wolken und Nebeln gestalten sich die Vorgänge, wenn Mischung ins Spiel kommt.

Bei den oben erwähnten Gruppen ist ein stetiges Fortschreiten der Abkühlung oder Erwärmung mit stetig weiter schreitender Kondensation oder Auflösung begleitet. Ganz anders bei der Mischung. Ein Mischungsprozess kann in demselben Sinne weiterschreiten und doch zuerst Kondensation und in seinen späteren Stadien wieder Auflösung zur Folge haben. „Es tritt Kondensation rascher ein, wenn ein Strahl kühler feuchter Luft in eine grosse Masse wärmerer eintritt, als wenn ein Strahl warmer feuchter Luft in kühlere hineingeblasen wird.“ Es muss sich demnach im Aussehen solcher sich bildender und wieder auflösender Wolken verraten, ob wärmere oder kältere Luft schliesslich die Oberhand behält.

Nach alledem darf man die nachstehenden Nebel und Wolken als durch Mischung entstanden ansehen:

„1. Die Nebel über warmen feuchten Flächen unter Einwirkung kälterer Luft, als insbesondere die Nebel auf dem Meere zur kalten Jahreszeit oder beim Einfallen kalter Winde.

2. Die reihenweise auftretenden Wolken an der Grenze zweier verschieden rasch übereinander hinfliessenden Luftschichten, welche Herr von Helmholtz zuerst als eine Folge von Wellenbewegung

Digitized by Google

erkannt und mit dem Namen der Luftwogen bezeichnet hat, wobei jedoch adiabatische Kondensation an den Stellen, wo die Luft nach Art der Brandung in die Höhe geschleudert wird, auch noch in Betracht kommt.

3. Die Stratusschichten, die sich an solchen Trennungsflächen bilden, und die häufig zuerst als Luftwogen auftreten und sich später erst mehr verdichten.

4. Wolkenfahnen, die sich an Berggipfeln oder an Passeinschnitten bilden und wieder auflösen, wenn die Gestaltung des Gebirges es wärmeren oder kälteren Luftmassen ermöglicht, dass Strahlen in solche von anderer Temperatur hereingeführt werden.

5. Die Wolkenfetzen oder das ganz lose Gewölke, wie man es bei stärkerer Luftbewegung unter fortgesetzter Gestaltsänderung und unter stetem Entstehen und Vergehen häufig beobachtet, wie sie aber auch neben der Wolkenbildung durch adiabatische Expansion insbesondere bei Gewittern auftreten.

Diese verschiedenen Arten der Wolkenbildung durch direkte Abkühlung, durch adiabatische Expansion und durch Mischung können selbstverständlich auch nebeneinander in den verschiedensten Kombinationen auftreten, wie sich dies schon äusserlich in der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit der Wolkenformen zu erkennen giebt."

Die Natur der wässerigen Teilchen, welche die Wolken bilden, ist im speziellen noch wenig bekannt. Die meisten Ansichten hierüber beruhen lediglich auf Hypothesen oder entsprechen nur sehr vagen Vorstellungen. Von besonderem Interesse sind daher die Untersuchungen, welche Ch. Ritter über diesen Gegenstand angestellt hat, und bei denen er sich in der Hauptsache auf eigene Experimente stützte[1]) und die dadurch gewonnenen Erfahrungen in entsprechender Art auf die Zustände der freien Atmosphäre überträgt. Die mikroskopischen Untersuchungen an künstlich hervorgerufenen Nebeln ergaben das Resultat, dass die kleinsten Teilchen derselben nicht Wasserbläschen, sondern Kügelchen sind, deren Durchmesser zwischen 0.023 und 0.045 *mm* variiert. Daneben kommen jedoch auch kleinere Teilchen vor bis zu 0.0006 *mm* und vielleicht selbst darunter. Alle Hydrometeore ohne Ausnahme sind Resultate der Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes. Diese Kondensation geschieht in der frei von Staub oder sonstigen Verunreinigungen befindlichen Atmosphäre entsprechend der jeweiligen Temperatur entweder durch Bildung von Eiskriställchen (Nadeln) oder Wasserkügelchen. Letztere bestehen aus dem gewöhnlichen Wasser; haben sie sich indessen gebildet, und sinkt alsdann die Temperatur unter den Gefrierpunkt, so gefriert das

[1]) Annuaire de la Société Mét. de France **33.** p. 261 u. ff., **35.** p. 362 u. ff.

Digitized by Google

Wasser nicht auch, sondern geht über in den Zustand der Überkaltung. Es kann in diesem durch Erschütterung nicht zum Gefrieren gebracht werden, wohl aber, und zwar sofort, sobald ein Eispartikelchen damit in Berührung tritt. Durch Anhäufung zahlloser Eiskriställchen und Wasserkügelchen in der Atmosphäre und ihr Schweben in derselben entstehen die Nebel und Wolken. Diese letzteren bestehen also aus Eiskriställchen, aus gewöhnlichen Wassertröpfchen und aus solchen von überkaltetem Wasser, nicht aber aus Wasserbläschen. Sobald ihr Gewicht den Widerstand der Luft, welcher sich ihrem Fallen entgegenstellt, überwindet, so fallen sie herab, und von diesem Augenblicke an werden sie zu Hydrometeoren oder Niederschlag, also Regen, Graupeln, Hagel. Die Wasserpartikelchen, welche die Wolken bilden, oder kurz die Wolkenelemente, wachsen sowohl durch Kondensation des Wasserdampfes an ihrer Oberfläche als durch Vereinigung mit anderen Wolkenelementen. Dieses letztere ist es hauptsächlich, welches ein rasches Wachsen befördert, wobei nach Ritter's Ansicht elektrische Anziehung als Hauptursache des Zusammentreffens der Wolkenelemente anzusehen ist. Durch Vereinigung sehr kleiner Wolkenelemente entstehen Nebel und Regen oder Glatteis bei überkalteten Teilchen. Treffen flüssige Elemente mit nadelförmigen Eiskriställchen zusammen, so bilden sich Schnee, Graupeln oder Hagel, ersterer wenn relativ grosse Eisnadeln oder Eisplättchen mit sehr kleinen überkalteten Wolkenelementen zusammentreffen. „Weil“, meint Ritter, „die elektrische Spannung auf den Plättchen und den überkalteten Tröpfchen sehr ungleich ist, so tritt Anziehung ein, und es findet die Bildung von regelmässigen Kristallstrahlen statt, während die geringe Menge übrigbleibenden, flüssigen Wassers sich zwischen die Kristalle lagert und die Angliederung weiterer Elemente vermittelt, wodurch die beginnende Schneeflocke wächst. Wenn die überkalteten Tropfen grösser sind, so lagern sie sich wie ein Polster um die Kristalle, es findet nach allen Seiten hin Wachsen durch Anziehung statt, und als Ergebnis entsteht ein Graupelkern. Bei aussergewöhnlich grossen überkalteten Tropfen erzeugt die Berührung mit kleinen Eiskristallen sofortiges Gefrieren der ganzen Masse, und es entsteht ein Hagelkorn. Einen ähnlichen Vorgang bei der Hagelbildung hat man schon früher vermutet, allein erst die Untersuchungen von Ch. Ritter liefern gesichertere und klarere Anschauungen. Die einmal gebildeten Hagelkörner können sich unter Umständen zu ansehnlichen Eisstücken vergrössern, und zwar beim Zusammenprallen mit anderen Hagelkörnern und dann augenblicklich wirkender Regelation. Eine überaus grosse Rolle in bezug auf das Anwachsen der Wolkenelemente spielen Rauch und Staub. Dies hat schon Aitken behauptet, und die Untersuchungen von Ch. Ritter liefern dafür weitere Beweise. Der Staub, sagt letzterer, verursacht infolge der Kapillaranziehung,

welche er auf das Wasser ausübt, das Entstehen von Tropfen, die gross genug sind, um zu fallen, während sonst die Wolkenelemente. welche sich nun vereinigen, schwankend geblieben wären. In der Nähe des Erdbodens ist die Luft stärker verunreinigt, daher muss die Regenmenge dort grösser sein als in der Höhe. Ob freilich diese letztere Schlussfolgerung den Beifall der Meteorologen finden wird, mag dahin gestellt bleiben.

F. Palagi fand auf dem Monte Titano [1]), dass, sobald die Temperatur unter Null sank, die Kügelchen der Wassertropfen sich in kleine hexagonale Nadeln und Flocken verwandelten. Erstere hatten eine Dicke von 0.05 *mm*, bei 2—10 mal grösserer Länge, letztere hatten 0.1—0.5 *mm* Durchmesser. Beim Herabsinken in tiefere und minder kalte Luftschichten, die aber doch unter dem Gefrierpunkt bleiben, scheinen die einfachen Kristalle durch Kondensation und Vereinigung sich in die bekannten Formen der Schneesterne und Flocken zu verwandeln.

Die Klassifikation der Wolken, eine Aufgabe, die dem Laien vielleicht ziemlich einfach erscheint, gehört noch immer zu den Problemen, mit denen sich die Meteorologen beschäftigen. Auf dem meteorologischen Kongresse zu Paris im September 1889 hat sich Prof. Hildebrandsson über den Gegenstand ausführlich verbreitet [2]). Die von Howard gegebenen Benennungen, sagt er, werden fast überall gebraucht, aber unglücklicherweise werden dieselben Namen nicht immer zur Bezeichnung derselben Dinge verwendet. Auch die Zahl der Formen, welche unterschieden werden, wechselt nach den Ländern. Es genügt, die von den verschiedenen Zentralanstalten veröffentlichten Instruktionen zu vergleichen, um diese augenfälligen Unterschiede zu bemerken. Für jeden, welcher die unzweifelhafte Wichtigkeit dieser Beobachtungen erwägt, muss der Vorteil einer internationalen Klassifikation offenbar sein. Bereits 1873 hat der meteorologische Kongress in Wien die verschiedenen Institute eingeladen, genaue Bilder der Wolkenformen, welche daselbst als typisch angesehen werden, zu veröffentlichen, sei es durch Zeichnungen, farbige Bilder oder durch Photographien. Um diesen Vorschlag auszuführen, habe er im Jahre 1879 ein Werk veröffentlicht: „Sur la classification des nuages employée à l'observatoire météorologique d'Upsala", mit Photographien, welche unter seiner Leitung ausgeführt waren. Leider sei niemand diesem Beispiele gefolgt.

Eine internationale Klassifikation der Wolken sei offenbar nur möglich, wenn deren typische Formen überall dieselben sind. Durch die Bemühungen von Cl. Ley und Abercromby wissen wir jetzt, dass dieses der Fall ist, wenn auch die Häufigkeit der einzelnen Formen in der heissen und kalten Zone eine ganz ver-

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1888. p. [35]
[2]) Auszug aus seiner Rede in der Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 441.

Digitized by Google

schiedene ist. Eine internationale Klassifikation sei also möglich, aber sie müsse einfach und praktisch sein. Detaillierte Einteilungen seien sehr nützlich für Spezialuntersuchungen, könnten aber den gewöhnlichen Beobachtern nicht vorgeschrieben werden. Es genüge, ihnen die leicht zu unterscheidenden Hauptformen anzugeben.

Was die Namen betrifft, so sei es das Praktischste, sie so zu wählen, dass soweit als möglich jene beibehalten werden, die gegenwärtig im Gebrauche sind. Es scheinen also die vier von Howard gegebenen Namen: Cirrus, Cumulus, Stratus und Nimbus und ihre Kombinationen am geeignetsten zu sein. Doch sei es unwesentlich, welche Namen man wählen will; wichtig sei nur, dass dieselbe Form überall dieselbe Benennung erhalte.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, hätten Abercromby und der Redner sich zuerst über die Formen geeinigt, welche sie unterschieden wissen wollen, und dann eine Art Abstimmung vorgenommen, welche das folgende Ergebnis hatte".

(Cr = Cirrus, Cm = Cumulus, Str = Stratus, Nb = Nimbus, Al = Alto.)

	Upsala	Portugal	Englische u. Schwed. Marine	Norwegen	Deutsche Seewarte	Belgien	Hongkong	Preussen (Dove)	Frankreich (Renou)	Weilbach	Abercromby und Hildebrandsson
1.	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
2.	Cr-Str	Cr-Str	Cr	Cr-Str	Cr-Str	Cr-Str	Cr-Str	Cr-Str?	Cr-Str	Cr-Str *A*	Cr-Str
3.	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm
4.	Al-Cm	Cm-Cr	—	—	Cr-Cm	—	Small Cm?	—	Al-Cm	Cr-Str *B*	Cm-Cr oder Al-Cm
5.	Cr-Str	Str-Cr	Cr-Str	—	Cr-Str	—	—	Cr-Str?	—	Paries	Str-Cr oder Al-Str
6.	Str-Cm	Cm-Nb	Str-Cm oder Roll-Cm	Cm-Str	Str-Cm oder Wst-Cm	—	Str-Cm oder Roll-Cm	Str?	Cm-Str? Str?		Str-Cm
7.	Nb	Nb	Nb	Nb	Nb	Nb	Nb	Nb	—	Nb	Nb
8.	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm {simpl. comp.	Cm
9.	Cm-Str	Cm-Str	Cm-Str	Nb	Cm-Str	Cm-Str	?	Cm-Str	Nb	Cm-Nb	Cm-Nb
10.	Str	Str	Str	Str	(Str)	Str	Str	Str	Str?	Nebula sublata	Str

„Aus obiger Tafel", fährt Hildebrandsson fort, „ersieht man, dass die Form Nr. 1 überall Cirrus genannt wird, ebenso Nr. 3 überall Cirro-cumulus, Nr. 8 Cumulus".

„Mit Nr. 2 hört die Einstimmigkeit auf. In der That werden nur in Portugal die drei Formen 1, 2 und 5 zugleich unterschieden. Bei uns in Upsala haben wir Nr. 2 und Nr. 5 vermengt unter dem gleichen Namen Cirro-Stratus. In anderen Ländern wird der sehr hohe Schleier als eine Abart von Cirrus behandelt, und wird der Name Cirro-Stratus (nach Kämtz) der dichten, grauen oder bläulichen Schicht gegeben, unserem Strato-Cirrus oder Alto-Stratus, welche in einer wenig bedeutenden Höhe schwebt".

Digitized by Google

„Man muss gestehen, dass in der That die Cirrus häufig in Cirro-Stratus sich umformen. Dieser dünne Schleier besteht aus dichtgedrängten Cirrus-Fäden, welche gleichsam mit einander verflochten sind, so dass sie kompakte, völlig geschichtet erscheinende Massen bilden. Je mehr der Regen sich nähert, umso gedrängter werden deren Teile, bis sie sich völlig verschmelzen, um einen gleichförmigen Teppich zu bilden oder einen weisslich-grauen Schleier, der allmählich den ganzen Himmel bezieht. Es ist dieser Teppich, welchen Kämtz Cirro-Stratus genannt hat, und für welchen wir den in Portugal angewandten Namen Strato-Cirrus vorschlagen, oder Alto-Stratus. Die direkten Messungen von Ekholm und Hagström haben gezeigt, dass die Höhe dieser Form nur die Hälfte von jener der zarten Cr-Str-Schleier beträgt. Dies genügt, um die Unterscheidung dieser beiden Formen zu rechtfertigen, wenngleich es in Wirklichkeit häufig derselbe Schleier ist, welcher sich in Trichterform um das Zentrum einer barometrischen Depression erstreckt, besonders auf deren vorderem Teile. Je mehr dieses Zentrum sich nähert, um so mehr sinkt dieser Schleier herab, indem er gleichzeitig dichter wird.

Die Form Nr. 6, Strato-Cumulus, wird so benannt in Upsala und in der englischen, deutschen und schwedischen Marine. Der Name existiert nicht in der Howard'schen Einteilung, er ist von Kämtz und 1868 durch Rubenson in Upsala eingeführt. Wenn man den Cirro-Cumulus mit kleinen Flocken weisser Watte vergleicht, so muss man den Strato-Cumulus mit grossen Klumpen dunkler Wolle vergleichen, welche mehr oder weniger gegeneinander gedrängt sind. Es sind das die Nacht- und Winterwolken. Die gedrängteste Form des Strato-Cumulus giebt zuweilen dem Himmel ein gewelltes Ansehen, besonders nach dem Horizont hin, infolge der Perspektive; diese wird in England Roll-Cumulus und in Deutschland Wulst-Cumulus genannt. Dichte Massen von Strato-Cumulus bedecken zuweilen ganze Wochen lang den nordischen Winterhimmel.

Indessen giebt es zwischen Cirro-Cumulus und Strato-Cumulus eine Zwischenform. Wenn die Cirro-Cumuli sich senken, so sieht man auf einer durchschnittlichen Höhe von ca. 4000 *m* grössere Bälle schweben, an welchen man Schatten bemerkt. Wir nennen diese schöne Wolke Cumulo-Cirrus (Portugal) oder Alto-Cumulus (Renou und Upsala). Anderseits giebt es zwischen dieser Form und den dunklen Strato-Cumuli Übergangsformen, so dass man in der Natur alle möglichen Abstufungen findet zwischen den kleinsten und glänzendsten Cirro-Cumuli und den grössten und fast schwarzen Wulst-Cumuli".

„Nun kommen wir zu den beiden Formen der Regenwolken, Nr. 7 und 9, dem Nimbus und Cumulo-Nimbus. Der Regen bildet sich in zweierlei Witterungslagen: der andauernde Regen, welcher sich über grosse Gebiete gleichzeitig erstreckt („Landregen"),

Digitized by Google

wird durch grosse barometrische Depressionen herbeigeführt. Wenn eine solche Depression sich vom Ozean her nähert, erscheinen in dem Masse, als der Cirro-Stratus-Schirm sich über den Horizont erhebt, niedrige, dunkle Wolkenfetzen (scud der Engländer) unter demselben; ihre Zahl und ihre Grösse nimmt zu, bis sie unregelmässige, formlose, einförmig graue Massen mit zerrissenen Rändern bilden, welche die wahren Regenwolken für Landregen bilden. Wie man aus der Tabelle sieht, werden solche Wolken ziemlich allgemein Nimbus genannt".

„Wenn andererseits die Cumuli eine grössere Dichtigkeit und eine schwärzliche Färbung haben, ihre isolierten Massen einander mehr genähert sind und gleichsam eine Gebirgskette bilden, deren traubige Massen sich übereinander türmen, indem sie ungeheuere Wolkengebilde von drohendem Aussehen bilden, so erwartet man ein Gewitter mit Regen oder Hagel in Schauern. Wenn diese Wolkenform gut entwickelt ist, so hat sie anscheinend eine Schicht von Cirrus oder Cirro-Stratus über sich. Die mächtigen Cumulus-Gipfel durchsetzen häufig diese Schicht, oder die Gipfel selbst formen sich in einen cirrusförmigen Schleier um. Das sind die falschen Cirren. Die Messungen von Ekholm und Hagström haben bewiesen, dass diese falschen Cirren in einer Höhe von nur ca. 3000 *m* schweben, also weit niedriger als die echten Cirren, so dass sie körperlich mit den Gipfeln der Cumuli verbunden sind. Es geschieht sogar bisweilen, dass man echte Cirren über den falschen sehen kann. Endlich, wenn der Platzregen beginnen will, sieht man die Grundfläche der grossen Wolke umgeben von niedrigen, grossen, unregelmässigen Wolken, welche den Nimbuswolken gleichen. Das ist der sogenannte Wolkenkragen der Deutschen. Für die Gesamtheit dieses Gewittergewölkes haben wir den Namen Cumulo-Nimbus vorgeschlagen. Diese Form wird zwar fast überall Cumulo-Stratus genannt; aber wir halten es für zweckmässig, diesen Namen in Cumulo-Nimbus abzuändern, da dieses die ausgesprochenste Regenwolke ist, besonders in südlichen Ländern. In Norwegen wird, wie man aus der Tabelle ersieht, zwischen den beiden Arten von Regenwolken kein Unterschied gemacht. Renou bezeichnet nur „une masse orageuse compacte" als Nimbus. Howard hat in der Besprechung der Regenwolken beide Arten vereinigt; die Definition seines „Cumulo-Cirro-Stratus" oder „Nimbus" ist: „Nubes vel nubium congeries pluviam effundens". In der genaueren Beschreibung giebt er zuerst eine vortreffliche Beschreibung der Annäherung einer grossen Depression mit ihren den anhaltenden Landregen bringenden Nimbuswolken unter dem ausgedehnten oberen Wolkenschleier, und darauf auf eine gute Beschreibung eines ausbrechenden Gewitter-Schauers. Nach Kämtz, Lehrbuch I, p. 379, entsteht „die eigentliche Regenwolke, der Nimbus, . . . meistens aus dem Cumulo-Stratus. Sie zeigt sich als dunkle

Digitized by Google

Wolkenmasse, mehr oder weniger horizontal ausgebreitet, mit einem faserigen Rande, so dass man nicht mehr im stande ist, die einzelnen Teile, wie im Cumulus, zu erkennen".

„Diese Beschreibung ist noch etwas verworren, aber seitdem sind die beiden Formen fast überall unterschieden worden, besonders von den Seeleuten. Natürlich leugnen wir nicht, dass es Zwischenformen giebt; es giebt solche fast zwischen allen Wolkenformen. Einerseits bilden sich die „Wirbelgewitter" gewöhnlich in wenig tiefen Teildepressionen, welche die grossen Depressionen begleiten oder ihnen vorangehen. In diesem Falle beginnt das schlechte Wetter oft mit einem Gewitter nebst den zugehörigen Cumulo-Nimbi. Wenn dann die Hauptdepression sich nähert, bilden sich diese allmählich in formlose Nimbus-Massen um, und der Regen, der anfangs in Schauern fiel, wird fein und dicht, lange Zeit mit wenig Unterbrechungen. Auf der anderen Seite sieht man zuweilen um Mittag, besonders im Sommer, dass die unteren Wolken aller Arten eine Neigung haben, sich in Cumulus umzuwandeln. Über den unförmlichen Nimbus-Massen sieht man mehr oder weniger regelrechte Cumulus-Gipfel schimmern. Endlich, wenn das Zentrum vorübergegangen ist, und das schlechte Wetter aufgehört hat, bricht die Nimbus-Decke, und die getrennten Massen nehmen die Form von Cumuli oder sogar Cumulo-Nimbi an, welche vereinzelte Regenschauer geben. Die typische Form des Nimbus zeigt sich am besten in den Herbstregen; diejenige des Cumulo-Nimbus am besten in den „Wärmegewittern" an Sommerabenden".

Im Sinne Howard's sei Stratus einfach ein Nebel, und so definiere ihn auch Forbes. Mehrfach finde man höchst seltsame Definitionen des Stratus. Hildebrandsson und Abercromby hätten, dem Gebrauche folgend, als Stratus einen gehobenen Nebel angesehen, der in der Luft schwebe. In den Polarmeeren begegne man häufig einer eigentümlichen Form von Stratus. Bei der Überwinterung der Vega z. B. beobachtete man, dass der starke Wind den losen Schnee bis zur Höhe mehrerer Meter erhob, welcher die ganze Gegend wie ein dichter Nebel während ganzer Stunden und selbst mehrere Tage hindurch einhüllte. Zuweilen bildeten diese Massen bewegten Schnees grosse weisse Wolken, welche sich in gewisser Höhe über dem Boden hielten, und welche man „niveus" nannte; gewöhnlich aber hielten sie sich in den unteren Schichten, und ragten die Masten des Schiffes wie aus einem Meere weissen Rauches hervor.

Die Klassifikation, welche Abercromby und Hildebrandsson zum allgemeinen Gebrauch vorschlagen, sei also sozusagen das Resultat einer Abstimmung. Sie hätten sorgfältig vermieden, neue Wörter einzuführen. Für die grossen Wolkenmassive, welche oben von „falschem Cirrus" und unten von dem „Wolkenkragen" umgeben sind, empfehlen sie, statt der bisher gebrauchten Namen Cumulo-

Digitized by Google

Stratus oder Nimbus die Bezeichnung Cumulo-Nimbus zu wählen. Im übrigen schlagen sie nur vor, Cirro-Cumulus, wenn er sehr gross und niedriger als gewöhnlich erscheint, als Cumulo-Cirrus oder Alto-Cumulus zu bezeichnen, und ebenso dichteren und dunkleren Cirro-Stratus als Strato-Cirrus oder Alto-Stratus. Man müsse diese Zwischenformen deshalb wohl unterscheiden, weil, wenn man ihren Zug beobachtet hat, man weiss, dass der Luftstrom, dessen Richtung man bestimmt hat, im Mittel weder bei 7—10000 *m*, noch bei 1—3000 *m* Höhe sich befindet, sondern bei etwa 4000 *m*.

Schliesslich betont Hildebrandsson, dass die typischen Wolkenformen vergleichsweise selten sind; gewöhnlich beobachtet man mehr oder weniger vermittelnde Formen. Man müsse in jedem einzelnen Falle in das Tagebuch diejenige typische Form einschreiben, welche der beobachteten am meisten gleicht. Goethe sagt: „Wenn man die Lehre Howard's beim Beobachten wohl nutzen will, so muss man die von ihm bezeichneten Unterschiede fest im Auge behalten und sich nicht irre machen lassen, wenn gewisse schwankende Erscheinungen vorkommen; man übe sich vielmehr, dieselben auf die Hauptrubriken zurückzuführen". Die vom Wiener meteorologischen Kongress angeregte Veröffentlichung von Wolkenbildern seitens der einzelnen Institute würde es leichter machen, die Bedeutung der verschiedenen von diesen angewandten Nomenklaturen zu verstehen. Es sei sehr schwierig, durch Worte so unbestimmte und so veränderliche Formen zu definieren, wie die der Wolken. Man müsse übrigens gestehen, dass auch die Gewinnung exakter Wolkenbilder sehr schwierig sei. Die Zeichnungen, welche man von denselben giebt, seien im allgemeinen zu ungenau, um gute Anhaltspunkte zu geben.

Gute Photographien hätten mehr Wert. Die Photographien in Hildebrandsson's „Klassifikation des nuages" zeigten, durch die Geschicklichkeit Osti's, das, was man 1879 mit dieser Methode leisten konnte. Die Schwierigkeiten bestanden namentlich darin, dass das Blau des Himmels beinahe dieselbe photographische Kraft hat, wie das von den hellen Teilen der Wolke ausgehende Licht, und dass man für diese geringen Lichtstärken und so rasch bewegten Objekte noch keine Trockenplatten anwenden konnte.

Seit dieser Zeit sind die photographischen Methoden sehr vervollkommt worden. In Jahre 1889 hat Ekholm in Upsala Versuche mit äussert empfindlichen Trockenplatten gemacht, die mit Eosin oder Erytrocin getränkt sind; durch eine eingeschaltete gelbe Lösung von Gummigutt und Chininsulfat in Spiritus wurde ausserdem das Blau des Himmels absorbiert. Auf diese Weise konnten Momentbilder von kaum sichtbaren, feinen Cirrus-Fäden aufgenommen werden, und feine Schleier von Cirro-Stratus, die auf einem fast schwarzen Grunde erscheinen.

Die Photographie giebt freilich keine Farben, die allerdings

Digitized by Google

für eine treue Wiedergabe der Wolken notwendig seien, deshalb hat Prof. Hildebrandsson Ölbilder für die typischen Formen herstellen lassen, und zum grossen Teile seinen Bemühungen ist es zu danken, dass seitdem so ein „Wolkenatlas" in Farbendruckbildern erscheinen konnte.

Die Verteilung der durchschnittlichen Bewölkung in Mitteleuropa ist von Elfort studiert worden [1]). Er kommt zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Bewölkung nimmt im Jahresmittel von der Nordsee, auf welcher sie ihre grösste Höhe auf ausgedehntem Gebiete erreicht, sowohl nach E (Ostsee), wie nach SE (Ungarn und Balkanhalbinsel) und S (Südfrankreich und Italien) beträchtlich, nämlich um 30—40%, ab.

2. Gebirgsketten, namentlich wenn ihre Streichungsrichtung den feuchten SW-, W- und NW-Winden zugekehrt ist, haben stets eine höhere Bewölkung als ihre Umgebung.

3. Die Luvseite der Gebirge hat stets eine grössere Bewölkung als die Leeseite; namentlich tritt die Verringerung der Bewölkung auf der Leeseite überall hervor (Thüringer Wald, Harz, Schwarzwald, Riesengebirge, Tatra etc.).

4. Von Gebirgen eingeschlossene Gebiete (Böhmen, Mähren, Siebenbürgen), sowie tief eingeschnittene Gebirgs-, bezw. Flussthäler (Mittelrhein, obere Donau, Drau, obere Rhone etc.), besonders wenn dieselben den herrschenden Winden quer gegenüberstehen, zeichnen sich gleichfalls durch geringe Bewölkung aus. Anderseits finden sich aber auch Thalstationen (Mürzzuschlag) mit höherer Bewölkung, die hier hauptsächlich auf die häufigen Thalnebel sich zurückführen lässt.

5. Bedeutendere Abweichungen einzelner Stationen von ihrer Umgebung werden veranlasst, durch lokale Verhältnisse, namentlich durch die Lage an einem mehr oder weniger ausgedehnten See, in ausgedehnten Wäldern oder deren Nähe, überhaupt in extrem feuchten Gebieten des Binnenlandes.

Über die Bildung und Struktur des Reifs, Rauhreifs und Schnees hat Assmann Untersuchungen angestellt [2]). „Man ist gewöhnt", sagt derselbe, „diejenigen Kondensationsformen des atmosphärischen Wasserdampfes, welche sich im festen Aggregatzustande befinden, ausnahmslos als kristallinisch anzusehen, indem man das sechsseitige Prisma, welches man als die Grundform der Schneeflocken gefunden hatte, in allen anderen Fällen glaubte wiederfinden zu müssen, trotzdem mikroskopische Beobachtungen des Reifs, Rauhreifs und Glatteises noch fehlten.

Nach der gewöhnlichen Vorstellung sollten aus den in der Luft schwebenden „Wasserbläschen" bei dem Herabgehen der Temperatur auf 0° Eiskristalle entstehen, welche sich in der

[1]) Petermann's Mitteilungen 4. p. 137. 1890.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 339 u. ff.

Digitized by Google

freien Atmosphäre zu Schneeflocken, an festen Gegenständen zu Reif oder Rauhreif gruppieren. Dabei blieb es zweifelhaft, ob der Reif durch Gefrieren eines „Tautropfens" oder direkt als Eiskristall entstände.

Zuerst bei Gelegenheit eines Winteraufenthaltes auf dem Brocken im Jahre 1885 bemerkte ich unter dem Mikroskop, dass bei einer Temperatur von — 10° keine Eiskristalle, sondern flüssige Wassertropfen — nicht hohle Bläschen — in der Luft schwebten, sowie, dass dieselben bei dem Auftreffen auf einen festen Körper — unter dem Mikroskop auf ein ausgespanntes feines Haar — fast momentan zu einem Eisklümpchen ohne jede Andeutung kristallinischer Struktur erstarrten. Vor meinen Augen entstanden so durch reihenweise Aneinanderlageruug solcher Eiströpfchen die zierlichsten Rauhreiffedern, welche makroskopisch durchaus den Eindruck von Kristallen hervorbrachten.

Bei weiterer Verfolgung derartiger Beobachtungen zeigte sich später, dass auch der Reif unter gewöhnlichen Verhältnissen keineswegs kristallinisch, sondern aus grösseren rundlichen Eisklümpchen zusammengesetzt ist. Lag die Temperatur nur wenige Grade unter dem Gefrierpunkte, so schienen diese Eiströpfchen nicht selten mit einander zusammengeflossen, dadurch gelegentlich regelmässig abgerundete, blattartige Formen bildend.

Dieses auf einem Blatt aufsitzende Eissäulchen machte dem unbewaffneten Auge durchaus den Eindruck eines Eiskristalles. Zum Zwecke der Beobachtungen wurde an Abenden, welche eine kalte Nacht erwarten liessen, eine Anzahl verschiedenartiger Körper, trockene und mit Wasser getränkte Brettchen, Blätter, ausgespannte Kokonfäden, Fichtenzweige, Erde in einem Blumentopf u. s. w. gelegentlich auch Glaskästchen, welche ein Wassergefäss enthalten und mit einer Glasplatte bedeckt sind. ins Freie gesetzt, dazu das Mikroskop mit den Objektträgern, damit dieses zum Morgen die Temperatur der Luft angenommen habe.

Am 4. Januar 1889 zeigten sich bei — 11.0° kristallinische Bildungen an den Kanten trockener Brettchen, welche in regelmässig ausgebildeten sechsseitigen Prismen, zuweilen durch Parallelflächen getrennt bestanden. An demselben Tage fanden sich auf der Erde eines Blumentopfes feine sechseckige Platten und Säulen statt der sonst stets gefundenen amorphen Eistropfen vor.

Der Rauhreif konnte erst am 7. März 1889 bei — 14.5° (nächtliches Minimum — 16.0°) beobachtet werden; derselbe bestand nicht, wie auf dem Brocken, aus Eisklümpchen, sondern aus langen kristallinischen Federn, deren Seitenzweige stets im Winkel von 60° an die grösseren Stämme angereiht und am Ende durch eine hexagonal begrenzte Platte abgeschlossen waren. Einige solche Federn bestanden fast ganz aus hexagonalen Platten, welche derartig aneinandergefügt waren, dass um je eine grössere Platte auf jeder Ecke des Sechsecks eine ebensolche kleinere aufsass;

Digitized by Google

nur die dem Stamme zugekehrte war in ihrer Form verwischt und scheinbar mit ihren Nachbarn verschmolzen. Mitten unter diesem kristallinischen Rauhreif fand sich aber auch an mehreren Stellen solcher vor, welcher aus rundlichen Eistropfen, ganz dem auf dem Brocken beobachteten ähnlich bestand. Doch zeigte auch der letztere ein deutliches Vorherrschen des Winkels von 60° und eine sechseckige Platte als Endglied jeder Feder.

Diese Beobachtungen, welche mit Hülfe mikrophotographischer Aufnahmen methodisch fortgesetzt werden sollen, scheinen zu folgenden vorläufigen Schlüssen zu berechtigen.

„Reif und Rauhreif sind nur verschiedene Modifikationen desselben Verdichtungsvorganges: ist der Wasserdampfgehalt der unteren atmosphärischen Schichten verhältnismässig gering, so dass nur die durch Ausstrahlung bewirkte Abkühlung der untersten, dem Erdboden unmittelbar anliegenden Luftschicht die Kondensation desselben einleitet, so wird Eis in der Form als „Reif“ nur am Erdboden oder an höheren, gegen den klaren Nachthimmel frei ausstrahlenden Flächen vorkommen. Bei langsam vor sich gehender Abkühlung ist es wohl möglich, dass zunächst Tau gebildet wird, welcher nachher gefriert, ohne einen Kristall zu bilden.

Der Rauhreif entsteht, wenn der Wasserdampf entweder so reichlich vorhanden, oder die Temperatur so niedrig ist, dass der Dampfsättigungspunkt bis in höhere Schichten hinein erreicht ist, so dass eine „Wolke“, gemeinhin als „Nebel“ bezeichnet, der Erdoberfläche aufliegt. Die diese Wolke zusammensetzenden Elemente bestehen bis zu einer Grenze von — 10°, vielleicht unter besonderen Umständen noch darunter, aus überkaltetem flüssigen Wasser in Tropfenform, welche indes bei der Berührung irgend eines Gegenstandes von annähernd derselben Temperatur sofort erstarren. Bei „Reif“ ist diese „Wolke aus Wassertröpfchen“ nicht immer sichtbar, sie erstreckt sich wohl meist nur wenige Dezimeter über dem Erdboden nach oben; zuweilen wird nur „zwischen den Grashalmen“ eine Art Nebel sichtbar.

Liegt aber die Temperatur so tief unter dem Gefrierpunkte, dass die Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes in Gestalt einer direkten Sublimation, d. h. eines unmittelbaren Überganges aus dem gasförmigen in den festen Zustand, stattfindet, so werden auch die an die Objekte der Erdoberfläche aufliegenden Eiskriställchen dem Reife sowohl, als auch dem Rauhreife eine kristallinische Struktur verleihen müssen.

„Glatteis“ dagegen, welches vielfach mit Rauhreif verwechselt wird, besteht aus flüssigem, nicht oder nur wenig überkaltetem Wasser, welches Gegenstände berührt, deren Temperatur niedriger unter dem Gefrierpunkte liegt, als die der fallenden meist grösseren Regentropfen. Diese sind zuweilen schon beim Fallen mit Eis gemischt und entstammen dann wohl unvollkommen

Digitized by Google

Typische Form einer Cumulus-Wolke.

UNIV. OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Digitized by Google

geschmolzenen Schneeflocken oder Graupeln. Ein derartiger Tropfen hat, weil nicht oder nur wenig überkaltet, noch Zeit, bei der Berührung eines Gegenstandes sich flächenartig auszubreiten, ehe er durch die niedrige Temperatur des letzteren zu durchsichtigem Eise erstarrt, welches nun wie eine gläserne Kruste die Oberfläche bedeckt. Durch die besonders nach längeren Frostperioden vorhandene, oft recht niedrige Temperatur solcher Gegenstände (z. B. Mauern) wird nun aber der unmittelbar anliegenden Luftschicht Wärme entzogen und so in dieser Schicht Wasserdampf kondensiert, welcher nun recht wohl auf dem durchsichtigen Eisüberzuge noch einen weisslichen, reifähnlichen zu erzeugen vermag. Diesen sehen wir denn bei plötzlich eintretendem Tauwetter die Mauern ungeheizter Gebäude überziehen, während auf den Strassen und an Stellen weniger niedriger Temperatur durchsichtiges Glatteis vorhanden ist.

Dass in der That sublimiertes Eis in der Atmosphäre vorkommt, beweisen unter anderem mikroskopische Beobachtungen vom 15. Januar 1889, wo bei — 17.8° (Minimum — 19.0°) feine sechsseitige Plättchen aus der Luft herabfielen, welche teils einzeln, teils mit anderen ähnlichen Plättchen sternförmig gruppiert waren. Dazwischen fanden sich auch Plättchen von parallelepipedischer Form[1]), auch kurze hexagonale Säulen. Makroskopisch liess sich dieser feine Eisstaub, von den Polarfahrern meist als „Diamantstaub" bezeichnet, durch sein intensives Glitzern im Sonnenlichte bemerken. Gleichzeitig wurden vielfach ausgebildete Sonnen- und Mondringe auch in den unteren atmosphärischen Schichten beobachtet, welche diesen Eiskriställchen ihre Entstehung verdanken. Aus Beobachtungen im Luftballon ist übrigens zu schliessen, dass der Schnee stets durch Sublimation des Wasserdampfes entstehe, nicht durch Gefrieren von Tropfen".

Der Londoner Nebel ist eine besondere Nebelspezies, die durch Verbindung von Wasserteilchen mit Kohlen- und Russprodukten erzeugt wird. F. A. Russell hat sich hierüber eingehend verbreitet[2]).

Hiernach sind die Bedingungen zu seiner Entstehung: Windstille, niedrigere Temperatur am Erdboden als in der Höhe von einigen hundert Fuss, grosse relative Feuchtigkeit, wolkenloser Himmel und freie Ausstrahlung in den Raum. Die Dunkelheit und eigentümliche Färbung treten am stärksten zur Zeit ein, wenn eine grosse Menge Kohle in den Häusern verbrannt wird. In der Regel kommt solcher Nebel in den Stunden zwischen 10^h p. m und 5^h a. m. nicht vor, auch nicht in grösserem Masse an warmen Sommertagen. Die ersten Morgen-

---

[1]) Auch Nordenskjöld hat schon auf das Vorkommen zweier Kristallformen des Eises hingewiesen.

[2]) Nature. **39.** p. 34. Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 33.

Digitized by Google

stunden im Sommer sind die einzige Zeit, in der man einen klaren Blick über die ganze Stadt haben kann. Diesen zunächst kommen schöne Sonntagnachmittagsstunden im Sommer, da es keine Herdfeuer giebt. Die Stunden grösster Dichte sind diejenigen, welche auf die grösste Kälte folgen, und in denen zahlreiche Küchenfeuer und Heizungen stattfinden. So ist zwischen 8^h und 10^h a. m. oft die Zeit des dicksten und dunkelsten Nebels. Es ist zu bemerken, dass an Sonntagen, wo die Fabriken feiern, im Winter die dichtesten Nebel eintreten. Die Entstehung eines Londoner Nebels ist wahrscheinlich diese: Gewöhnlicher weisser Nebel deckt die Stadt um 6^h a. m.; etwa eine Million von Feuerherden wird kurz nachher geheizt; die Luft füllt sich mit ungeheueren Rauchmengen, Verbrennungsgasen, welche Kohlenteilchen mitführen. Sobald diese Partikeln sich auf die Lufttemperatur oder noch unter dieselbe abgekühlt haben, setzen sich die schon vorhandenen Wasserkugeln und wohl noch kondensierter Wasserdampf an. Eine dicke Schicht solcher Partikeln hält das Licht ab; sehr geringe Mengen fein verteilter Kohle können das Sonnenlicht ganz verdecken wie eine Russschicht auf Glas. Der Rauch verhindert die schief einfallenden Sonnenstrahlen, den weissen Nebel am Boden zu erreichen und aufzulösen; der Nebel strahlt Wärme gegen den Raum und gegen den Erdboden (wenn dieser kälter ist als der Nebel) und erhält keinen Ersatz von den Sonnenstrahlen. Ein Unterschied von 5—6° C. kommt zwischen Thermometern, welche 4 Fuss und 100 Fuss über dem Boden sind, vor; bei Nacht ist das obere immer wärmer. Kohle hat ein grosses Strahlungsvermögen, kühlt sich ab und lässt Dampf niederschlagen, ähnlich wie die Erdoberfläche Tau empfängt. Der Einfluss wolkenlosen Himmels und der Trockenheit in den oberen Luftschichten auf Förderung des Nebels ist offenbar. Ist die Luft sehr trocken, so kommt dichter Nebel in London nicht vor, und ist sie sehr feucht, so dass auf dem Lande der Nebel niederfliesst, so ist in London ein geringer Nebel. Die trockenen warmen Flächen der Häuser, die Erhebung der Temperatur über den Taupunkt verhindert, dass feuchter Nebel auch nur annähernd die Dichte wie auf dem Lande erreicht. Nasser Nebel löst sich auf; trockener Nebel verharrt in einem warmen Raum, ein Beweis, dass dieser Kohlenpartikeln von sichtbarer Grösse enthält. In der geographischen Lage von London ist kein Grund zu finden, weshalb die Stadt mehr Nebel haben sollte als viele andere Gegenden des Landes; wegen der eben erwähnten Umstände würde sie sich wahrscheinlich mehr klaren Himmels erfreuen als die Umgebung, wenn die gewöhnliche Kohle durch Anthracit oder durch flüssiges oder gasförmiges Brennmaterial ersetzt würde.

Digitized by Google

16. Niederschlag.

Vergleichende Regenmessungen mit verschieden konstruierten Regenmessern, die sich an wenig verschiedenen Lokalitäten aber in gleicher Höhe befanden, hat Riggenbach in Basel behandelt[1]). Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind:

1. Die Ungleichmässigkeit der räumlichen Verteilung des Niederschlages ist so gross, dass die in benachbarten, gleich günstig aufgestellten Regenmessern aufgefangenen Mengen durchschnittlich um 0.3 *mm* und in extremen Fällen bis 5 *mm* differieren. Nimmt man hinzu, dass beim kleinen Regenmesser die Fehler, welche von der Retention des Auffanggefässes herrühren, je nachdem dasselbe vom vorhergehenden Tage her benetzt oder trocken ist, die Regenmenge um ca. 0.2 *mm* unsicher machen können, so wird man sich bei der täglichen Ablesung an kleinen Regenmessern mit einer Genauigkeit von 0.5 *mm* begnügen dürfen.

2. Dem entsprechend wird bei der Zählung der Niederschlagstage das Minimum der Niederschlagsmenge nicht unter 0.5 *mm* angesetzt werden dürfen.

3. Bei den Monatssummen haben Bruchteile eines Millimeters keine Bedeutung; selbst einem ganzen Millimeter kommt eine solche nicht zu.

4. Jahressummen, die auf 0.5 *cm* übereinstimmen, sind als gleich zu betrachten. Ältere Regenmesser halten mehr Wasser durch Benetzung zurück als solche mit neuem Ölanstrich. Eine trockene Auffangsflasche hat bis 0.4 *mm* zurückgehalten, während die schon benetzte nur 0.1 *mm* zurückhielt. Je grösser die Intensität der Niederschläge endlich, desto grösser sind die örtlichen Ungleichheiten des Regenfalles.

Die Geschwindigkeit, mit welcher Regentropfen fallen können, ist von H. Allen theoretisch untersucht worden[2]). Er findet als Maximum 5.03 *cm* pro Sekunde und zeigt ferner, dass die unter der Wirkung des niederfallenden Regens in der Tiefe ausströmende Luft niemals die Geschwindigkeit der fallenden Tropfen erreichen können, dass also auch die grossen Windgeschwindigkeiten, welche man bei Gewittern beobachtet, nicht durch den fallenden Regen veranlasst sein können, wie einige Meteorologen geglaubt haben.

Salpetersäuregehalt tropischer Regen. Die tropischen Regen sind schon früher wegen des sehr erheblichen Salpetersäuregehaltes bemerkenswert gefunden worden. So fand Raimbault zu St. Denis auf der Insel Réunion einen mittleren Salpetersäuregehalt

---

[1]) Verh. d. naturf. Gesellschaft zu Basel. **8.** Heft 3. 1888. Meteorol. Zeitschrift. 1889. p. 156.

[2]) Amer. meteor. Journal **4.**

Digitized by Google

von 2.67 *mg* pro Liter, während dieser Gehalt nach Bestimmungen von Boussingault im Elsass etwa 0.18 *mg*, nach Lawes und Gilbert in England etwa 0.42 *mg* beträgt. Neue Untersuchungen, welche Müntz und Marcano in Caracas angestellt haben, ergaben im Mittel aus 121 Regenfällen 1883—1885, 2.23 *mg* Salpetersäure pro Liter Regenwasser. Das absolute Maximum war 16.25, das Minimum 0.20 *mg* [1]).

Lufterschütterung und Regen. Die Frage, ob Lufterschütterungen, wie sie durch das Abfeuern der heutigen grossen Geschütze hervorgebracht werden, einen Einfluss auf die Nebel- und Regenbildung haben, ist neuerdings wiederholt diskutiert worden. Ch. Ed. Guillaume führt ein Beispiel an [2]), in welchem dichter Nebel durch Abfeuern von 16 Schuss aus 4 Mörsern aufgelöst wurde, an seine Stelle aber feiner Regen eintrat, der den ganzen Tag andauerte. Dem gegenüber bemerkt Borson, dass bei der Belagerung von Belford trotz des Donners der schwersten Geschütze fast immer dichter Nebel herrschte. Die Frage lässt sich durch Anführung von ein paar Beispielen nicht entscheiden, sie ist auch wahrscheinlich verwickelter, als sie auf den ersten Blick erscheint.

Wald und Regen. Wichtige Untersuchungen über die Frage, ob durch Aufforstung und Anbau eine Zunahme der Niederschläge herbeigeführt werde, hat Wagner veröffentlicht [3]). Diese Untersuchungen erstrecken sich auf die 5000 Quadratmeilen umfassende Prairie Region Iowa's, des nördlichen Missouri, des südlichen Minnesota, ein grosser Teil von Illinois und ein kleiner Teil von Indiana. Dort ist innerhalb 30 Jahre durch Aufforstung der Vegetationscharakter wesentlich verändert worden. Im Gegensatz dazu ist der Staat Ohio fast völlig entwaldet worden, und das gleiche gilt von den Neu-England-Staaten Massachussetts, Rhode-Island, Connecticut u. s. w. Endlich ist das trockene Hügelland des Westens zwischen Missouri und dem Felsengebirge ein Gebiet, auf welchem seit 30 Jahren Kulturländereien sich ungemein ausgedehnt haben. Die von Wagner gegebenen, reichhaltigen Zusammenstellungen der vorliegenden Beobachtungen ergeben nun, dass weder Abholzung, noch Aufforstung, noch Kultivierung eines Landes auf die Menge des Niederschlages einen merklichen Einfluss ausüben.

Blanford weist darauf hin [4]), dass, wenn man untersuchen will, ob der Regenfall durch die Waldbedeckung in der That vermehrt werde, man nicht Gegenden mit einander vergleichen

---

[1]) Compt. rend. **108.** p. 1062.

[2]) Nature 1889. **1.** p. 211.

[3]) Science **11.** p. 257 u. 265. Das Wetter 1888. p. 97.

[4]) Journal of the Asiatic Society of Bengal **1.** Meteorol. Zeitschrift 1888. p. 235, woselbst das oben im Texte benutzte Referat von Prof. Hann.

Digitized by Google

dürfe, welche auch in anderer Hinsicht verschiedene physische Beschaffenheit haben. Der einzige wirklich beweiskräftige Nachweis wäre nur dann zu erlangen, wenn man von ein und derselben Gegend auf einem Gebiet von wenigstens einigen hundert engl. Quadratmeilen Ausdehnung den mittleren Regenfall vor und nach der Entwaldung feststellen könnte. Ein solcher Nachweis scheint aber kaum erbracht werden zu können, weil vor der Entwaldung einer Gegend nicht leicht eine genügende Zahl von Regenmessstationen vorhanden gewesen sein dürfte. Glücklicherweise giebt es aber in Indien ein Gebiet, welches früher entwaldet, seit einiger Zeit sich allmählich wieder mit Wald bedeckt, und über welchem eine grössere Zahl von Regenmessstationen schon während der Entwaldung in Thätigkeit waren. Diese Region liegt in den südlichen Zentralprovinzen Indiens. Die Area derselben ist ca. 61000 engl. Quadratmeilen und ist jetzt zu $^5/_6$ des Ganzen wieder bewaldet. Vor 1875 aber waren diese Waldungen durch eine eigentümliche Art von Raubbau der Eingeborenen grösstenteils vernichtet, und das Land, soweit es unkultiviert war, eine steinige Fläche. Mit dem Jahre 1875 wurde dieser Raubbau von Seiten der Regierung unterdrückt, und die ganze grosse Fläche bedeckte sich allmählich wieder mit Wald.

Auf diesem Gebiet befanden sich von 1887—1885 14 Stationen, welche gestatten, den mittleren Regenfall zur Zeit der Entwaldung mit jenem bei wieder zunehmender Bewaldung zu vergleichen.

Nimmt man für alle Stationen das Mittel der Jahre 1867—1875, welches der Entwaldung zugehört, und vergleicht es mit dem Mittel der Periode 1876—1885, wo die Wälder geschützt wieder an Ausdehnung zunahmen, so zeigen alle Stationen mit Ausnahme einer einzigen eine Zunahme des Regenfalles in der zweiten Periode der zunehmenden Bewaldung, und zwar im Mittel um 173 *mm*, d. i. mehr als 12 % der mittleren Regenmenge. Der Regenfall des ausserhalb liegenden Gebietes zeigt dagegen eine Abnahme von der ersten zur zweiten Periode um 75 *mm*.

Wenn die zunehmende Wiederbewaldung aber wirklich die Ursache der Zunahme des Regenfalles ist, so muss dieselbe einen progressiven Charakter an sich haben, die Zunahme des Regenfalles muss eine fortschreitende sein, wie die der Waldbedeckung. Um diese Schlussweise anzuwenden, bildet Herr Blanford aus den Regensummen der aufeinander folgenden Jahre ausgeglichene Mittel und vergleicht dieselben mit den gleicherweise behandelten Jahresmitteln des Regenfalles über ganz Indien. Die Endresultate mögen hier stehen.

Ausgeglichene Jahressummen des Regenfalles in engl. Zollen:

1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883
Waldregion der Zentralprovinzen:														
45.3	47.7	48.4	47.5	47.0	48.8	50.1	49.6	50.4	52.6	53.8	54.5	55.3	56.5	58.6
Indien überhaupt:														
41.0	42.6	43.0	41.7	42.2	42.4	42.4	40.5	41.1	43.3	43.5	42.4	42.4	43.0	43.1

Digitized by Google

Während sich demnach in den Zentralprovinzen eine fortschreitende Zunahme des Regenfalles unverkennbar nachweisen lässt, zeigt der Regenfall über ganz Indien eine bemerkenswerte Konstanz innerhalb der gleichen Periode. Es ist dies ein sehr gewichtiges Argument für den Einfluss der zunehmenden Bewaldung der Zentralprovinzen auf den Regenfall. Seit 1875 scheint hier der Regenfall bis 1883 um 20% zugenommen zu haben.

Im Zusammenhang mit dem Vorhergehenden kann auch noch folgender Thatsache einige Beweiskraft für den Einfluss des Waldes zugestanden werden. Im Herzen der grossen Ebene des Pandschab zwischen dem Rovi und Dschilam, etwa 50 engl. Meilen südlich von Lahore, ist durch künstliche Bewässerung seit 16 Jahren ein etwa $31^2/_3$ engl. Quadratmeilen umfassender kräftiger Wald gezogen worden. Ausserhalb desselben und in E und SE befindet sich kultiviertes Land; am Rande desselben, 4 miles vom Walde entfernt, befindet sich die Station Chuncan. Hier, sowie im Innern des Waldes zu Vahn und dann wieder ausserhalb des Waldes zu Bhambeh, 13 miles NE vom Waldrande, wird seit längerer Zeit Regen gemessen. Wenn man nun nach der Regenkarte und den beiden ausserhalb des Waldes liegenden Stationen durch graphische Interpolation die Regenmenge der Station Vahn im Walde ermittelt, so findet man dieselbe zu 14.85 Zoll, während die Messungen 15.76″, also nahe um einen engl. Zoll mehr Regen ergeben.

Alle diese Thatsachen zusammen sprechen somit sehr entschieden zu Gunsten der Annahme, dass der Wald auf eine Zunahme der Regenmenge wirkt, wenigstens in dem Klima eines heissen Landes wie Indien.

Die tägliche Periode des Regenfalles in Wien, auf Grund von Registrierungen in den Jahren 1881—1888, ist von Hann besprochen worden[1]. Das Hauptmaximum fällt auf die Stunde 8 bis 9 Uhr abends, ein schwächeres auf 7 bis 8 Uhr vormittags, zwei Minima fallen auf 4 bis 5 Uhr früh und auf 11 Uhr bis Mittag bezüglich der Regenmenge, dagegen auf 9 bis 10 Uhr vormittags bezüglich der Regenhäufigkeit. Im Frühling, Sommer und Herbst tritt das Minimum des Regenfalles zwischen 9 Uhr vormittags und Mittag ein und verspätet sich sichtlich vom Frühling bis zum Herbst. Das Maximum fällt im Frühling auf 10 bis 11 Uhr vormittags, im Sommer auf 7 bis 8 Uhr nachmittags, im Herbst auf 3 bis 4 Uhr mit einem schwachen, sekundären Maximum um 8 bis 9 Uhr abends. Mit Ausnahme der Frühsommerperiode ist für Wien charakteristisch, dass die Regen meist und am stärksten erst am Abend und in den ersten Nachtstunden fallen, also mit sinkender Temperatur nach Sonnenuntergang. — Ähnliches ist in Klagenfurt und Bern konstatiert,

[1] Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 221.

Digitized by Google

so dass Prof. Hann bemerkt, es könne das späte Abendmaximum der Regenmenge keine so lokale Erscheinung sein, sondern trete wahrscheinlich sehr verbreitet auf.

Über die Regenverhältnisse Norwegens hat Mohn eine wichtige Studie veröffentlicht[1]. Die absolute Regenwahrscheinlichkeit ergiebt sich für 21 Küstenstationen zu 0.160, für 10 Fjordstationen 0.149, für 7 Binnenstationen 0.115, für die Zahl der Regenstunden an einem Regentage findet sich in gleicher Reihenfolge der Gruppen resp. 8.69, 9.27, 7.47, für die Regenmenge an einem Regentage resp. 6.56, 4.87, 3.93, und für die Regenmenge in einer Regenstunde resp. 0.839, 0.603, 0.450, also durchweg Zunahme mit Annäherung an das Meer, ganz im Gegensatz zu Deutschland. Die Ursache dieses Verhaltens liegt übrigens klar auf der Hand. Was den Zusammenhang mit den Windrichtungen anbelangt, so liefern an der Ostküste und im Innern des südlichen Norwegen Winde aus Osten den geringsten, Winde von der Westseite den meisten Niederschlag. Haben die Westwinde den Gebirgsrücken überschritten, so treten sie auf der Ostseite als trockene Winde mit Föhncharakter auf. Die Intensität der Niederschläge erreicht an den meisten Orten ihr Maximum im Juli und August, ihr Minimum im Februar.

17. Winde und Stürme.

Messungen der Windgeschwindigkeit sind am Eiffelturme in verschiedenen Höhen ausgeführt worden[2]) in den Monaten Juli bis September 1889. Im Mittel fand sich in 303 *m* Höhe eine Geschwindigkeit von 7.05 *m*, in 21 *m* Höhe nur 2.24 *m* in der Sekunde. Die Geschwindigkeit ist oben bei Nacht grösser als am Tage, ihr Maximum mit 8.75 *m* trat um 11^h abends, das Minimum mit 5.25 *m* 10^h vormittags ein. Unten war das Maximum um 1^h nachmittags mit 3.19 *m*, das Minimum um 5^h abends mit 1.50 *m*.

Die Darstellung der Windverhältnisse eines Ortes ist Gegenstand einer eingehenden Studie von Dr. Hugo Meyer gewesen[3]). „Unsere klimatischen Kenntnisse", betont er, „sind im wesentlichen auf die Mittelwerte gegründet, welche sich für die einzelnen klimatischen Elemente aus langjährigen Beobachtungen ergeben haben, und lange Zeit hindurch sah man in den Mittelwerten für die Klimatologie, ja selbst für die Meteorologie, das einzige Heil. Erst in den letzten Dezennien ist die früher schon von Brandes[4]) empfohlene synoptische Methode zur vollen und

---

[1]) Christ. Vidensk Selsk. Vorhandl. 1888. Nr. 12. Referat in der Meteorologischen Zeitschrift 1890 p. 9.
[2]) Annalen der Hydrographie **18.** p. 114.
[3]) Annalen d. Hydrographie u. Maritimen Meteorologie. Heft 2. 1890.
[4]) H. W. Brandes, Beiträge zur Witterungskunde. Leipzig 1820.

wohlverdienten Anerkennung gelangt und hat bekanntlich für die Meteorologie die schönsten Früchte gezeitigt. Die Bildung von Mittelwerten hat aber bei der Betrachtung der Windverhältnisse eigentümliche Schwierigkeiten, und darin liegt wohl der Grund, dass diese verhältnismässig lange nur stiefmütterlich behandelt worden sind. Die älteren Meteorologen geben meistens nur diejenige Richtung an, aus welcher der Wind am häufigsten zu wehen pflegt. Das ist aber offenbar nur sehr mangelhaft und häufig auch verdächtig; denn nicht selten kommen an einem Orte verschiedene Windrichtungen nahezu gleich häufig vor. Der nächstliegende Ausweg, die Häufigkeit für alle Windrichtungen anzugeben, und zwar der Vergleichbarkeit wegen in Prozenten sämtlicher Beobachtungen, ist nur selten betreten worden, so z. B. von dem dänischen Botaniker J. F. Schouw in seiner auch heute noch sehr lesenswerten Abhandlung: „Beiträge zur vergleichenden Klimatologie“, Kopenhagen 1827[1]). Es heisst dort Seite 8: „Allein da diese (die Anzahl der Beobachtungen jedes Windes) für eine lange Reihe von Jahren sehr grosse Zahlen geben, da ferner in den hier benutzten Reihen nicht selten Lakunen für Tage oder Monate stattfinden, und da endlich, wenn man die Monate unter sich vergleichen will, die Schwierigkeit eintritt, dass die Monate nicht von gleicher Grösse sind, dieselbe absolute Zahl daher in den verschiedenen Monaten verschiedene Bedeutung hat, so habe ich die Windverhältnisse auf die Art gegeben, dass ich für jeden Wind den Quotienten angebe, welcher durch die Zahl der Beobachtungen des einzelnen Windes und die Gesamtzahl der Beobachtungen gebildet wird, und diese Quotienten in Dezimalen ausgedrückt. Auf diese Art, glaube ich, wird die Übersicht leichter und dabei genauer.“

Viel häufiger ist eine schon früher von Lambert[2]) vorgeschlagene Reduktionsmethode verwendet worden, besonders von Dove, Schübler und Kämtz. Diese Methode ist aus dem Bestreben, alle Winde zu einem mittleren Wind zusammenzusetzen, hervorgegangen. Es geschieht die Zusammensetzung nach dem Prinzip des Parallelogramms der Kräfte, indem die Winde als Kräfte aufgefasst werden, welche die Atmosphäre zu bewegen streben. Die Winde müssen dabei mit Rücksicht auf ihre Dauer und ihre Stärke in Betracht kommen. Versteht man daher unter den Buchstaben, welche die Windrichtung angeben, die Produkte aus der

---

[1]) Schouw bemerkt in dieser Abhandlung (es steht mir nur Heft 1 zur Verfügung) u. a., wie streng genommen nur Beobachtungen aus denselben Jahren vergleichbar sind, und wendet auch schon die später namentlich von Hann mit so grossem Erfolg benutzte Methode der Reduktion einer kurzen Reihe auf eine längere mit Hülfe gleichzeitiger Beobachtungen an.

[2]) Lambert, Nouveaux mémoires de l'acad. royal des sciences. Berlin 1777. Klasse de mathématique p. 36.

Digitized by Google

Dauer (Häufigkeit) und der Windgeschwindigkeit, und bezeichnet man durch A und B folgende Grössen:

$$A = E - W + (NE + SE - NW - SW) \cos 45^0$$
$$B = N - S + (NE + NW - SE - SW) \cos 45^0,$$

so ist:

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

die Grösse der Resultante, und es giebt:

$$\text{tang}\ \varphi = \frac{A}{B}$$

die resultierende Windrichtung. Dabei ist die Zählung von N über E nach S gedacht.

Den nach diesen Formeln berechneten Grössen kommt aber thatsächlich nur eine geringe Bedeutung zu, und dass man trotzdem so viel Zeit und Mühe auf ihre Berechnung verwandt hat, erklärt sich wohl nur dadurch, dass man die Mittel lange Zeit für wertvoller gehalten hat, als sie wirklich sind. Auf einen Übelstand derselben hat bereits Kämtz[1]) hingewiesen. Es kann nämlich leicht der Fall eintreten, dass sich eine mittlere Windrichtung ergiebt, aus welcher der Wind gar nicht oder doch nur höchst selten geweht hat. „Aus diesem Grunde scheint es mir zweckmässig“, sagt Kämtz (l. c.), „mit diesem Verfahren noch das von Schouw (l. c.) befolgte zu verbinden; man vergleicht die Zahl der entgegengesetzten Winde, und indem man die Zahl des einen derselben als Einheit ansieht, sieht man den anderen als ein Vielfaches von ihm an“. Die NW-, N- und NE-Winde als nördliche, die NE-, E- und SE- als östliche Winde etc. zusammenfassend, giebt er dann das Verhältnis zwischen den nördlichen und südlichen und das zwischen den östlichen und westlichen Winden an. Dieses Verfahren hat indessen eine weitere Verbreitung nicht gefunden und ist längst ausser Übung.

Einen weiteren Übelstand, der sich auf die resultierende Windgeschwindigkeit bezieht, hat Listing[2]) hervorgehoben. „Für die Lebhaftigkeit der Luftströmungen giebt diese Grösse kein geeignetes Mass. Ein solches würden wir in der mittleren Geschwindigkeit der beobachteten Winde finden, ohne weitere Rücksicht ihrer veränderlichen Richtung. Jene Resultante ist die Entfernung, in welcher wir uns — die Atmosphäre als ruhend, den Beobachtungsplatz als bewegt gedacht — in einem bestimmten Zeitraume von dem Anfangspunkte der Bewegung befinden, geteilt durch den Zeitraum selbst. Der im allgemeinen krummlinige und nicht selten sehr komplizierte Weg, den bei dieser Betrachtungsweise die Windfahne im Luftmeere zurücklegt, kann nach einer gegebenen Zeit auf den Anfangspunkt zurückkehren, und dann

---

[1]) Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie 1. p. 166. Halle 1831.

[2]) Listing, Nachrichten von der Königl. Gesellschaft zu Göttingen, 1857. 1888 p. 283.

Digitized by Google

läge der Fall vor, dass die Resultante des Windes Null wäre, und man würde sehr irren, wenn man dies für eine diese Zeit lang stattgehabte Windstille halten wollte. Fragen wir dagegen nach der Länge des in jener Kurve selbst zurückgelegten Weges, auf welchem während der wirklichen Bewegung die Geschwindigkeit (so gut es die Beobachtungsmittel gestatten) bei jeder einzelnen Windbeobachtung aufgezeichnet wird, so giebt uns die Summe der beobachteten Intensitäten die richtige Antwort, und diese Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividiert, giebt ein Mass für die mittlere Geschwindigkeit während des ganzen Zeitraumes." Diesen Wert, schlägt Listing vor, als Ventilation zu bezeichnen, „um den einigermassen doppelsinnigen Ausdruck „mittlere Stärke" zu umgehen", die nach der Lambert'schen Regel abgeleiteten Zahlen nennt er im Gegensatz dazu Prävalente. Diese Unterscheidung ist heute nicht mehr nötig, denn über die Unzweckmässigkeit der Lambert'schen Behandlungsweise der Winde besteht unter den Meteorologen wohl keine Meinungsverschiedenheit mehr, und Hann's[1]) Meinung, „dass eine Berechnung der resultierenden Windrichtung allein zu keinen reellen Resultaten führt, ja geradezu zu Missverständnissen führen kann", wird kaum auf Widerspruch stossen. Es ist gewiss nicht zu viel, wenn man der Lambert'schen Betrachtungsweise heute nur noch ein historisches Interesse einräumt. Man hat in der Klimatologie vielfach zu viel gerechnet, und in mancher Beziehung geschieht das auch noch heute; die Klimatologie ist in erster Linie eine beschreibende Wissenschaft.

Nach den modernen Ansichten hat die Behandlung der Windverhältnisse eines Ortes die folgenden Punkte zu berücksichtigen.

Zunächst die Windrichtung betreffend, so ist dieselbe nach dem Muster von Schouw ausführlich darzustellen. Man hat alle Beobachtungen nach der Zeit und nach der Windrichtung zu sondern. Aus diesen Tabellen ist dann mit Leichtigkeit die Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen abzuleiten, und zwar ist die tägliche und die jährliche Periode der Häufigkeit zu geben. Auch wenn von einem Orte nur dreimalige Beobachtungen pro Tag vorliegen, wird es sich empfehlen, die jährliche Periode gesondert für die drei Termine abzuleiten. Die tägliche Periode ändert sich erfahrungsgemäss im Laufe des Jahres nur langsam, so dass es meistens gestattet erscheinen wird, mehrere Monate zusammenzuziehen und die Periode beispielsweise nur für die Jahreszeiten darzustellen, es erleichtert das die Übersicht sehr, darf aber natürlich nur geschehen, wenn man sich vorher versichert hat, dass die zusammengefassten Monate nicht wesentlich von einander abweichen. Aus den schon von Schouw angegebenen Gründen ist die Periode, die jährliche wie die tägliche, nicht

[1]) Hann, Annalen der Hydrographie etc. 1888. p. 293.

Digitized by Google

durch die Anzahl der einzelnen Beobachtungen anzugeben, sondern dadurch, dass man zeigt, wie oft die einzelnen Windrichtungen unter 100, bezw. 1000 Beobachtungen vertreten sind. Diese Reduktion ist so spät als möglich vorzunehmen, und es ist immer die Gesamtzahl aller Beobachtungen hinzuzufügen, wenn diese sich nicht von selbst versteht; denn nur dadurch wird es möglich, die ursprünglichen Zahlen wieder herzustellen, was in dem Falle viel Arbeit erspart, dass spätere Beobachtungen an die bereits verarbeiteten angeschlossen werden sollen.

Die Windstärke wurde früher nach einer vier-, sechs- oder achtteiligen, in neuerer Zeit fast allgemein nach einer zwölfteiligen, der sogenannten Beaufort-Skala geschätzt, so dass 0 Windstille und 12 den schwersten Orkan bezeichnet. Mit einer solchen Schätzung ist aber notwendig eine gewisse Willkür, eine Art persönlicher Gleichung verbunden, und dadurch wird die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den Beobachtungen verschiedener Stationen sehr beeinträchtigt. Es gilt als der Erfahrung entsprechend, dass der Binnenlandbewohner die Windstärke durchgehends etwas höher schätzt, als der Küstenbewohner. Etwas besser steht es um die Angaben der registrierenden Anemometer, doch sind auch hier mancherlei Umstände vorhanden, welche die Angaben verschiedener Instrumente ihrem absoluten Werte nach schwer vergleichbar erscheinen lassen. Die Aufzeichnungen derselben werden durch die Exposition stark beeinflusst und werden nicht überall nach denselben Regeln reduziert veröffentlicht. Auch sind die Konstanten desselben Anemometers mit der Zeit schwer kontrollierbaren Änderungen unterworfen.

Nehmen wir indessen an, die von einer meteorologischen Station vorliegenden Angaben seien unter sich homogen, so bietet sich die Frage dar, was haben wir in dem arithmetischen Mittel aus der Windstärke? und was ist über die Abweichungen von dem Mittelwerte zu sagen? — Für die Windstärke giebt es eine untere feste Grenze, nämlich 0, eine obere dagegen existiert nicht, nur für die Beaufort-Skala ist eine solche, 12, willkürlich angegeben. Man wird hieraus folgern können, dass im allgemeinen Abweichungen nach der Seite „zu klein", soweit sie überhaupt vorkommen können, häufiger sind, als gleich grosse in der Richtung „zu gross", und dass möglicherweise der Mittelwert selbst keineswegs die am häufigsten beobachtete Stärke ist. Es schien von Interesse, diesen Punkt an den Beobachtungen zu prüfen, zumal sich in dieser Hinsicht bei den anderen meteorologischen Elementen sehr charakteristische Erscheinungen teils schon gezeigt haben, teils noch zeigen werden. Ich habe daher aus den fünf Jahren 1879—1880, 1883—1885, für welche sowohl die Schätzungen als auch die Anemometerregistrierungen in „Meteorologische Beobachtungen in Deutschland" für Keitum veröffentlicht sind, die Beobachtungen nach den Windstärken, bezw. Geschwindigkeiten geordnet und

gebe im ersten Teile der folgenden Tabelle die Häufigkeit, mit welcher die einzelnen Stärkegrade der Beaufort-Skala notiert worden sind, und im zweiten Teile die Häufigkeit der verschiedenen Windgeschwindigkeiten (Meter per Sekunde) nach Gruppen von je 1 *m* Umfang, so dass die mit 0, 1, 2 ... überschriebenen Kolonnen alle die Registrierungen enthalten, welche zwischen 0.00 und 0.99, 1.00 und 1.99, 2.00 und 2.99 etc., Grenzen eingeschlossen, liegen; es sind also 0.495, 1.495, 2.495 ... die den einzelnen Gruppen entsprechenden mittleren Windgeschwindigkeiten. Von den Registrierungen sind nur die aus den den Beobachtungsterminen 8 a, 2 p, 8 p unmittelbar voraufgehenden Stunden benutzt. Überall sind die Häufigkeitszahlen derjenigen Windstärken, denen die mittleren zunächst liegen und derjenigen Gruppen, in welche die mittleren Windgeschwindigkeiten hineinfallen, fett gedruckt und die grössten Häufigkeitszahlen durch ein Sternchen ausgezeichnet. Da es hier weniger auf eine Vergleichung der Jahreszeiten unter einander als auf den Gang der einzelnen Zahlenreihen selbst ankommt, erscheint eine Umrechnung auf Prozente nicht erforderlich.

Keitum, 5 Jahre, 1879—80, 1883—85.

Geschätzte Windstärken nach Beaufort. Täglich drei Beobachtungen.
Anzahl der Beobachtungen der einzelnen Stärkegrade.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittel
Winter	61	258	259	**283***	126	138	71	37	15	7	1	3.0
Frühling	29	273	282	**356***	217	133	61	22	2	—	—	2.9
Sommer	46	334*	326	**329**	201	102	28	10	2	2	—	2.6
Herbst	29	329*	262	**315**	190	133	50	31	18	3	—	2.8
Jahr	165	1194	1129	**1283***	834	506	210	100	32	12	1	2.8

Windgeschwindigbeit, geordnet nach Gruppen von 1 *m* per Sekunde Umfang.
Anzahl der Beobachtungen der einzelnen Gruppen nach täglich drei Terminen.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Winter	79	98	115	162*	139	**144**	133	110	114	89	47
Frühling	52	99	132	153	181	**186***	152	136	100	66	51
Sommer	65	112	150	193*	188	**180**	134	125	98	54	39
Herbst	59	123	139	162	163*	**139**	140	126	99	72	52
Jahr	255	432	536	670	671*	**649**	559	497	411	281	189

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Mittel
Winter	48	25	17	12	7	8	3	3	—	2	5.93
Frühling	31	17	14	5	2	1	1	—	—	—	5.63
Sommer	8	9	5	3	1	1	1	—	—	—	5.08
Herbst	33	22	12	8	5	1	1	4	—	1	5.63
Jahr	120	73	48	28	15	11	6	7	—	3	5.57

Diese Zusammenstellung bestätigt die obige Folgerung durchaus; der Abfall der Häufigkeitskurve von ihrem Scheitel ist nach der Richtung abnehmender Stärken und Geschwindigkeiten viel weniger steil, als nach der entgegengesetzten Richtung, und zwar für alle Jahreszeiten. Die mittlere Windgeschwindigkeit ist keineswegs auch immer die am häufigsten beobachtete. Vergleicht man diese Tabellen mit den entsprechenden, auf die Lufttemperatur

Digitized by Google

und die Regendichte bezüglichen („Met. Zeitschr.", Bd. 4, p. 428, 1887, Bd. 5, p. 141 und 230, 1888, und „Archiv der Deutschen Seewarte", 1888, Nr. 6), so erkennt man auf den ersten Blick, eine wie sehr verschiedene Bedeutung dem arithmetischen Mittel bei den verschiedenen meteorologischen Elementen zukommt. Es mag hier beiläufig bemerkt werden, dass bei der Bewölkung die Verhältnisse wiederum ganz anders liegen; die mittlere Bewölkung fällt nämlich auf einen Grad, der relativ sehr selten beobachtet wird. Es bezieht sich dieses zunächst nur auf das Verhältnis der einzelnen Beobachtungen zum allgemeinen Mittel. Nun aber gilt dasselbe Gesetz für die Beziehungen der einzelnen Monatssummen des Niederschlags zu dem arithmetischen Mittel aus ihnen wie für die der Niederschlagsmengen der einzelnen Tage Regendichte, wenn auch abgeschwächt, und ähnliches für das Verhältnis der täglichen Temperaturmittel zum Monatsmittel wie für die einzelnen Monatsmittel zum Gesamtmittel aus langjährigen Beobachtungen; man wird daher auch vermuten, dass sich die Mittelwerte der Windgeschwindigkeit desselben Monats um das langjährige Mittel ähnlich gruppieren werden, wie die Einzelbeobachtungen selbst, nur werden die Unterschiede der Abweichungen geringer sein.

Durch Zusammenfassung der einzelnen Beobachtungen erhält man in der bekannten Weise die jährliche und die tägliche Periode der Windstärke. Drei tägliche Beobachtungen reichen zur Charakterisierung derselben zwar nicht aus, es empfiehlt sich aber doch, wenn keine anderen Beobachtungen vorhanden sind, die jährliche Periode für die drei Termine besonders abzuleiten. Die Untersuchung der täglichen Periode und ihrer Änderung im Laufe des Jahres auf Grund der stündlichen Anemometeraufzeichnungen bietet das grösste Interesse und ist in neuerer Zeit wiederholt und ausführlich behandelt worden [1]). Dabei hat sich eine Menge von Resultaten ergeben, welche zum Teil noch der Bestätigung bedürfen.

Zunächst tritt uns die Frage nach der Amplitude der täglichen Periode entgegen, und es fragt sich, wie dieselbe zu messen ist. In der Regel bezeichnet man in der Meteorologie bekanntlich als Amplitude die Differenz zwischen Maximum und Minimum, und es wird daher gut sein, diese Bezeichnung beizubehalten, und

[1]) Ich nenne hier nur: Hjelström: Om den dagliga Förändeningen i Vindens Hastighet, Upsala 1877. Hann: Die tägliche Periode der Geschwindigkeit und der Richtung des Windes, Wiener Sitzungsberichte, mathem.-naturw. Klasse, **79.** Abt. 2. 1879. Der tägliche und jährliche Gang der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung auf der Insel Lesina, Annal. d. Hydr. 1888. Köppen: Die tägliche Änderung der Windstärke über dem Lande und dem Meere, Ann. d. Hydr. 1883. Hamberg: Sur la variation diurne de la force du vent, Bihang till K. Svenska Akademiens Handlingar. **1.** 5. Nr. 24. 1880. **2.** 6. Nr. 5. 1881. **3.** 8. Nr. 7. 1883. In der Einleitung dieser letzten Abhandlung findet man die einschlägige Litteratur sehr ausführlich angegeben.

Digitized by Google

wenn man die tägliche Änderung nach einem anderen Masse misst, auch einen anderen Namen einzuführen. Eine Änderung des Masses der Schwankung kann nun wünschenswert oder notwendig erscheinen, wenn die Abweichungen gross sind im Verhältnis zum mittleren Werte (wie bei den Niederschlägen), oder auch wenn das beobachtete Mittel selbst zu verchiedenen Zeiten sehr verschiedene Werte aufweist (wie das bei dem Winde der Fall ist), denn es pflegt die Schwankung einer Grösse zu dieser Grösse selbst in einer gewissen Beziehung zu stehen. Als Mass der Schwankung bietet sich alsdann das Verhältnis der extremen Werte zu einander, eine Grösse, die man passend die relative Schwankung nennen wird. Ob man bei den Windverhältnissen die Amplitude oder die relative Schwankung als massgebend zu betrachten hat, darüber hat Hann gezeigt, dass die Beziehungen der täglichen Periode der Windgeschwindigkeit zur Windstärke, zur Temperatur und zur Bewölkung bei Benutzung der relativen Schwankung durchweg besser hervortreten, als bei Benutzung der Amplitude. Man wird sich daher für das Verhältnis Maximum zu Minimum als Mass der Schwankung der Windstärke entscheiden, vielleicht aber ist es gut, die Differenz Maximum — Minimum einstweilen noch nebenbei mitzuführen.

Eine derartige summarische Behandlung der Windstärke, wie wir sie bislang behandelt haben, ist aber für eine genaue Charakteristik der Windverhältnisse eines Ortes nicht ausreichend. Es hat sich gezeigt, dass die tägliche Periode verschieden ist für die verschiedenen Windrichtungen und für Winde verschiedener Stärke, und dass sie wesentlich bedingt wird auch durch die Temperatur und die Bewölkung. Auf alle diese Punkte muss deshalb Rücksicht genommen werden.

Man hat also zunächst neben jener summarischen Darstellung der täglichen Periode diese auch in ganz derselben Weise für mindestens acht Windrichtungen abzuleiten. Die Berücksichtigung der Geschwindigkeit geschieht in der Weise, dass man die Wege berechnet, welche die verschiedenen Winde in derselben Zeit zurücklegen. Diese Windwege sind durch die Summen der Geschwindigkeiten direkt gegeben, wenn diese in Kilometern pro Stunde vorliegen; ist die Geschwindigkeit aber durch Meter pro Stunde definiert, so hat man die Metersummen sämtlich mit 3600 zu multiplizieren, um die wahren Windwege in Metern zu erhalten; da aber hierdurch der Gang der Zahlen nicht geändert wird, so kann man diese Multiplikation auch unterlassen. — Dividiert man alsdann den Weg jedes Windes durch eine Häufigkeit zu der betreffenden Stunde, so erhält man die tägliche Periode der mittleren Geschwindigkeit für die einzelnen Windrichtungen.

Sehr zu empfehlen ist hierneben eine gesonderte Untersuchung der starken und stürmischen Winde. Zu den starken Winden sind die mit 10 *m* pro Sekunde und mehr, zu den stürmischen

Digitized by Google

die mit 15 *m* pro Sekunde und mehr zu rechnen. Im allgemeinen ist eine solche Untersuchung nach denselben Gesichtspunkten durchzuführen, wie die der Winde überhaupt, von einigen Besonderheiten, so namentlich von der Beziehung der stürmischen Winde zu den barometrischen Depressionen, wird im zweiten Teile dieser Abhandlung die Rede sein.

Die Frage, in welchem Verhältnis die Stärkegrade der Beaufort-Skala zur absoluten Windgeschwindigkeit stehen, ist wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen; die Resultate aber, zu denen man gelangt ist, weichen sehr von einander ab (vgl. Köppen, „Quat. Journ. of the R. Meteor. Soc.", Vol. XI, 1885, „Met. Zeitschr., 3, p. 230, 1886). Die Abweichungen haben ihren Grund zum Teil in der unvermeidlichen Willkür bei der Schätzung, zum Teil beruhen sie auf verschiedenartiger Berechnung der Anemometeraufzeichnungen und der Verschiedenheit der Instrumente, zum Teil endlich erklären sie sich auch wohl aus einem systematischen Fehler bei der Vergleichung der Schätzung mit der Messung, der darin beruht, dass man bei dieser Vergleichung die Anemometerangaben nach der Grösse der Schätzungen ordnete, während man, wie Köppen („Meteorol. Zeitschr.", 5, p. 239, 1888) gezeigt hat, gerade umgekehrt verfahren muss. Die Windgeschwindigkeiten, wie sie den Anemometeraufzeichnungen entnommen werden, sind Integralwerte bestimmter Zeitabschnitte, sie liegen also zwischen den extremen Werten der Geschwindigkeit während jener Zeitabschnitte. Die geschätzten hohen Momentanwerte entsprechen dagegen zumeist der grössten Geschwindigkeit innerhalb jener Zeit. Wenn man also jene Integralwerte nach den geschätzten Momentanwerten ordnet, so werden ihre Differenzen zu klein ausfallen, und die Werte aller Stufen werden dem Mittel angenähert. „Umgekehrt aber darf man das Mittel vieler zufällig herausgegriffener Momentbeobachtungen als eine richtige Probe (Muster) der betreffenden Stunden ansehen, welche nach ihrem Windwege charakterisiert sind, und erhält man also aus einer Anordnung nach Anemometerangaben ein einwurfsfreies Resultat. Will man die den ganzen Graden der Schätzungsskala entsprechenden Windgeschwindigkeiten kennen lernen, so muss man sie aus den gewonnenen Mittelwerten durch Interpolation ableiten."

Nach dieser strengeren Methode sind bisher erst wenige Reduktionen vorgenommen, und es ist daher dringend zu raten, wo das nötige Material dazu vorliegt, das Äquivalent der Schätzungsskala zu berechnen."

Warme Winde an der Küste Grönlands sind seit längerer Zeit bekannt und haben anfangs zu abenteuerlichen Erklärungen geführt, bis Hann und nach ihm Hoffmeyer nachwiesen [1]), dass besonders bei den SE-Winden an der grönländischen Westküste

[1]) Zeitschrift der Österr. Gesellschaft für Meteorologie **13.** p. 65.

Digitized by Google

die Wärme eine thermodynamische ist, verursacht durch das Heraufsteigen an der grönländischen Hochebene im Osten und nachfolgendes Herabsinken von den Höhen zum Meeresstrande an der Westküste. Dieser Ansicht tritt A. Paulsen entgegen [1]). Um zu entscheiden, durch welche Winde Grönland im allgemeinen Wärme zugeführt wird, hat er die thermischen Windrosen für Godthaab und Upernivik, die beiden besten Windstationen daselbst berechnet. „Diese beiden Windrosen erweisen am entschiedensten, dass Grönland während des Winters Wärme erhält durch südliche Winde, also durch solche, die aus dem Atlantischen Meere durch die Davisstrasse und die Baffinsbucht kommen, nicht aber durch solche, die von dem Meere östlich von Grönland herrühren und quer über dieses eisbedeckte Hochland wehen. Obwohl nun auch die südlichen Winde allgemein die höchste Temperatur haben, sind es doch in den besonders milden Perioden sehr oft eben nicht die S-Winde, sondern Winde von E-Quadranten, welche die wärmsten sind“.

Zur Untersuchung der Bedingungen, unter welchen solche milde Winde vorkommen, betrachtet Paulsen verschiedene Wetterperioden von kurzer Dauer und findet, dass die Milderung des Wetters stets einem Barometerminimum folgte, das sich vom Süden Grönlands bis nach der Diskobucht bewegte. „Die Temperaturerhöhung wird herbeigeführt durch die südlichen Luftströmungen an der Ostseite des Barometerminimums. Winde aus dem Ostquadranten sind nur dann von besonders hoher Temperatur, wenn sie in der Nähe des Zentrums einer Depression wehen; sie sind also nur Abweichungen des südlichen Windes an der Ostseite. Wenn die östlichen Winde feucht sind, sind sie unter solchen Umständen immer etwas kälter als die ihnen folgenden Südwinde; nur wenn sie trocken sind, sind sie wärmer. In diesem Falle sind sie durch die Küstengebirge zu Föhnwinden geworden“.

Damit eine Erwärmung von längerer Dauer eintreten kann, muss natürlich die Verteilung des Luftdruckes eine solche sein, dass südliche Luftströmungen durch die Davisstrasse und die Baffinsbucht die Westküste Grönlands entlang wehen können. „Der Wind braucht in solchen Fällen nicht immer von Süden zu wehen. Unter solchen Umständen wehen allgemein auch Winde aus dem Ostquadranten, weil dann Depressionen sich häufig von Süden gegen Norden bewegen. Bekanntlich war Hoffmeyer der Meinung, dass der Hauptstrom ein südöstlicher sein müsste; er setzte es daher als eine notwendige Bedingung des Eintritts einer „Föhnperiode“ oder, was richtiger ist, einer besonders milden Periode, voraus, dass der Luftdruck höher sein müsste in Stykkisholm als in Jacobshavn und hier wieder höher als in

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 241.

Digitized by Google

Iviktut. Eine solche Verteilung des Luftdruckes ist natürlich nicht notwendig, damit südliche Winde von dem Atlantischen Meere kommend längs der Westküste Grönlands wehen können".

Paulsen bespricht des näheren einige milde Witterungsperioden, in welchen die Verteilung des Luftdruckes derjenigen in der von Hoffmeyer untersuchten Periode teilweise oder ganz entgegengesetzt war, und keine Föhnwinde geweht haben. „Solche kommen gewiss sehr häufig vor, aber nur, wenn barometrische Depressionen im Meere westlich von Grönland eine östliche Abweichung einer allgemeinen südlichen Luftströmung hervorbringen, so wie wir es oben bei der Betrachtung milder Perioden von kurzer Dauer gesehen haben. So war es nun auch der Fall in der von Hoffmeyer näher untersuchten Periode".

Die Ausführungen von Paulsen sind übrigens durchaus nicht völlig zutreffend. In der Hann'schen Theorie des Föhn in Grönland ist es von ganz untergeordneter Bedeutung, ob das Innere dieser grossen Insel ganz von dem Südostwinde überweht wird, oder ob nur der westliche Teil überweht wird von Winden der NE-Seite einer in SW liegenden Depression. Es ist lediglich von Wichtigkeit, dass die Luft aus der Höhe herabkommt eine andere Ursache für die Erwärmung dort als die dynamische giebt es nicht [1]).

Die von der ostgrönländischen Expedition unter G. Holm 1883—85 gemachten Beobachtungen führen zu Schlüssen, die hiermit durchaus im Einklange stehen. „Wir sehen", bemerkt hierüber Hann [2]), „dass, so wie in unseren Alpen je nach der Lage der vorüberziehenden Barometerminima zum Gebirgszuge, der Föhn bald auf der einen, bald auf der anderen Seite desselben auftritt, dass aber die vorübergehend wärmsten und trockensten Winde überall vom Gebirge herabwehen, die Ursache der hohen Wärme also eine dynamische ist, das rasche Herabsinken der Luft aus einem höheren Niveau; wie dies ja besonders auch die begleitende relative Trockenheit beweist.

Interessant ist ferner in der obigen Charakterisierung des Auftretens des Föhn in Grönland die Hervorhebung des Umstandes, dass der Föhn zumeist gerade vorn, sozusagen am Kopfe der fortschreitenden Depression eintritt (E und SE an der Westküste, NE und N an der Ostküste). Es stimmt dies überein mit den Erfahrungen in den Alpen und zeigt, dass die Wärme anfangs nicht weit von Süden herbeigeführt wird, sondern auf den ersten Impuls des herannahenden Minimums zum Herabsinken der Luft sogleich eintritt, an Ort und Stelle entsteht. Da wir in den Alpen Stationen in allen Höhen und namentlich auch auf den Kammhöhen besitzen, konnte man dort direkt aus den Beob-

[1]) Vergl. Meteorologische Zeitschrift 1890. p. 269. Anmerkung.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 379.

Digitized by Google

achtungen zeigen, dass die an Ort und Stelle lagernden höheren Luftschichten, indem sie durch das herannahende Minimum zum Herabsinken veranlasst werden, im Hintergrunde der Alpenthäler als Föhn auftreten.

„Die neueren Mitteilungen aus Grönland machen es höchst wahrscheinlich, dass an der West- und Ostküste von Grönland ganz dasselbe stattfindet. Es kann wohl auch nicht anders sein. Die Winde an der Vorderseite eines heranrückenden Minimums sind ja beginnende Winde, es ist dort nicht Luft, die von weit her kommt, sondern Luft die anfängt, sich in Bewegung zu setzen um dem Impulse des herannahenden Barometerminimums zu folgen. Trifft dieser Impuls in Gebirgsthälern ein, die sich beiläufig in der Richtung dieser Winde erstrecken, so bewirkt die Aspiration (der Gradient) im Hintergrunde des Thales ein oft stürmisches, stossweises Herabsinken der Luft, die früher über dem Gebirge lagerte, und diese Luft nimmt dabei die Eigenschaften des Föhn an. Da sich die Luft um 1° C für je 100 *m* Herabsinken erwärmt, so wird eine genügende Temperaturerhöhung der Luft dadurch bewirkt.

Im Winter liegt über dem eisbedeckten Innern Grönlands sicherlich ein Barometermaximum; schon die Lage dieser Gebirgshalbinsel zwischen dem Barometerminimum des Nordatlantischen Ozeans und jenem der Davisstrasse lässt mit Sicherheit darauf schliessen. Es ist ja gerade so bei den Alpen der Fall, die dynamischen Ursachen zur Entstehung eines Barometerminimums sind über dem eisbedeckten Hochplateau der grönländischen Halbinsel nur noch viel kräftiger. Es ist deshalb auch kein Zweifel, dass während der Zeit hohen Luftdruckes, vor dem Herannahen der Minima, die Erscheinung der Wärmezunahme mit der Höhe auch in Grönland anzutreffen sein wird. Die im Gebiete des Luftdruckminimums über dem grönländischen Plateau herabsinkende Luft wird relativ milde sein, wenn auch nicht mehr unmittelbar auf dem Plateau selbst Gleichzeitig fliessen dann die durch Strahlung auf dem Plateau erkalteten Luftmassen als lokale kalte Thalwinde in die Fjorde hinab und hinaus. Es sind dies die kalten Ostwinde, die noch kurz vor dem Herannahen des Minimums wehen. Sowie aber der Impuls des herannahenden Minimums die Luft in stärkere allgemeine Bewegung versetzt, stürzt die Luft aus grösseren Höhen in die Fjorde herab, und die in diesen Höhen milde Luft der Anticyklone, gegen das Minimum hingezogen, nimmt die Eigenschaften des Föhn an. Derart folgen auf die eisigen lokalen Ostwinde ganz unvermittelt die warmen Ostwinde, der Föhn. Soweit aus einigen Mitteilungen von Mohn hervorgeht, dürften ähnliche Erscheinungen auch an der Küste von Norwegen zu finden sein.

„Die eisigen lokalen Winde, welche im Gebiete eines Barometermaximums die über den schneebedeckten Gebirgen durch

Digitized by Google

Strahlung erkalteten Luftmassen in die Thäler hinab führen, sind in den Alpen und wohl in allen Gebirgen der höheren Breiten wohl bekannt. Dabei herrscht auf den Höhen mildes Wetter die kalten Luftmassen sind seicht und stagnieren zumeist in den Thälern. Dies Übereinandersein warmer und kalter Luft bewirkt auch beim Beginne des Föhn die grossen zeitlichen und lokalen Temperaturverschiedenheiten. Sehr warme Luftmassen können mit kalten wechseln, die aus der gleichen Richtung kommen, sowie der Impuls zum raschen Herabsinken der oberen Luft nachlässt, oder die Örtlichkeiten dasselbe nicht begünstigen. Ebenso können trockene und feuchte Winde wechseln, weil ja die Trockenheit nur lokal in den rasch herabsinkenden Luftmassen, die dynamisch sich erwärmen, anzutreffen ist. Dies ist der Beginn des Föhn. Rückt das Minimum näher heran, (gleicherweise auch bei längerer Aktion eines stationären Minimums) so werden immer mehr und mehr die Luftmassen fernerer Gegenden herbeigezogen. die Erwärmung wird allgemein und ist nicht mehr bloss auf die Föhnlokalitäten beschränkt, sie wird zugleich gleichmässiger. An den Föhnstationen ist sie aber lokal gesteigert, und die Luft dabei trocken. Föhnwinde sind durch ihr Herabsinken von einem Gebirge lokal stärker erwärmte Luftströmungen im Gefolge vorüberziehender Minima. Die allgemeine Bewegung der Luft bewirkt dann auf der einen Seite des Gebirges Niederschläge, welche eine verminderte Abkühlung der aufsteigenden Luft bewirken und dadurch die Fortdauer des Föhn auf der anderen Seite sichern. Diesen Vorgang allein hat Hoffmeyer in seiner Abhandlung berücksichtigt, wir möchten denselben den stationären Föhnzustand nennen.

„Die Breite von Grönland (ca. 800 *km* oder etwas über 100 deutsche geographische Meilen unter dem Polarkreise) wäre an sich kein Hindernis, die Hoffmeyer'sche Darstellung der Entstehung des Föhn in Grönland als richtig anzuerkennen. Nehmen wir an, ein ziemlich stationäres, genügend tiefes Minimum befinde sich in der richtigen Position am Ausgange der Davisstrasse, so dass längere Zeit Luft vom Atlantischen Ozean her über ganz Grönland zu wehen gezwungen wäre, so würden wir ganz sicher in den westgrönländischen Fjorden relativ warme und trockene Winde, d. h. Föhnwinde antreffen. Die Wärme dieser Winde würde thermodynamisch, durch das Heruntersinken der Luft an der Westküste aus einer Höhe von mehr als 2—3000 *m* entstehen. Darüber kann bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse über die Physik der Atmosphäre wohl kein Zweifel obwalten. Ob die Veranlassung zu diesem Vorgange in der That in Grönland zuweilen anzutreffen ist, darüber können nur synoptische Studien entscheiden".

Jedenfalls ist das Prinzip der Hoffmeyer'schen Erklärung richtig, und es kommt dabei im Grunde genommen nichts

darauf an, ob die heruntersinkende Luft die ganze Breite Grönlands überschritten hat oder nicht.

Die Monsune und Stürme des Indischen Meeres sind von dem genauesten Kenner der meteorologischen Verhältnisse Indiens, Henry F Blanford, in ihrem Auftreten dargestellt worden[1]). „Beginnen wir“, berichtet über diese Arbeit die „Hansa“ 1890. Nr. 25 im Auszuge, „mit dem NO-Monsun im Januar. Derselbe weht im nördlichen Teile der Bai von Bengalen nur leicht durch, häufig ist es ganz windstill, wogegen nach der Mitte der Bai und südlich der Mündung des Godavery (17° N 80° O, Ostküste Vorderindiens) er beständiger durchweht, südlich von Madras heftiger wird mit grober See und bei Ceylon und im Süden der Bai stürmisches Wetter bringt. Im arabischen Meer tritt der NO-Monsun an der indischen Küste leicht auf, wird weiter nach Westen kräftiger und stetiger und weht aus N bis NO. Im NW der Bai, an der Küste von Bengalen und Orissa (20° N 80° O) hört dieser Wintermonsun eigentlich schon mit Ende Januar auf, doch wehen leichte nördliche Winde gegenüber an der Arracan-Küste noch einige Wochen weiter, und in der Mitte und im Süden der Bai weht der NO-Monsun noch bis in den März durch, allmählich freilich weniger stetig und mit Neigung zu östlicher Richtung. In der arabischen See dagegen krimpt er durch NW nach W, sowie das Barometer infolge der steigenden Wärme zu fallen anfängt; aber das Wetter bleibt schön, wie überhaupt das arabische Meer nach dem März seltener von stürmischer Witterung heimgesucht wird als mitunter die Bai von Bengalen in der Zwischenzeit zwischen dem Winter- und Sommer-Monsun. Während im Mai leichte westliche und nordwestliche Winde im arabischen Meer vorherrschen, beginnt in der Bai von Bengalen der SW-Monsun erst etwas unstät und oft von Stillten unterbrochen, wenn auch diese schon seltener als im März und April auftreten. Von heftigen Niederschlägen begleitet, setzt aber auf Ceylon und Travancore, sowie an der Küste von Tenasserim in Hinterindien der SW-Monsun ein und nimmt dann innerhalb 2—3 Wochen Besitz von der Bai von Bengalen und der arabischen See bis zu ihren nördlichen Küsten. Dieser Sommermonsun ist eine viel stärkere Luftströmung als sein winterlicher Gegner; deshalb heisst er auch in Indien einfach der „Monsun“, eine Bezeichnung, welche dem Wintermonsun als solchem nie in der Kürze gegeben wird. — Bei den Stürmen muss man die Stürme im Golf von Bengalen von denen im arabischen Meer scheiden. Was die Stürme in der Bai von Bengalen anbetrifft, so lehrt die Erfahrung, dass mit einer vereinzelten Ausnahme die nördliche Hälfte der Bai vom Ende der ersten Dezemberwoche an bis

[1]) Blanford, A practical Guide to the Climates and Weathers of India. London 1889.

Digitized by Google

gegen Ende April, d. h. also etwa $4^1/_2$ Monate lang, durchaus als sturmfrei angesehen werden darf, und dass Stürme nach Mitte November sehr selten auftreten. Im März und April treten sehr starke SW-Winde, welche zuweilen zu mässigen Stürmen anwachsen, von den Ganges-Mündungen bis zum Nordosten der Bai auf, ohne jedoch die Eigenart der Wirbelstürme anzunehmen. Im Mai, der ersten Hälfte des Juni und im Oktober und November kommen Wirbelstürme in jedem Teile des Golfs vor; in der zweiten Hälfte dieser Monate ziehen sie sich nach den Küsten von Orissa und Bengalen, gleichviel ob sie aus der Mitte oder dem südlichen Teile des Golfs herstammen. In der ersten Hälfte des Oktobers treten sie an der Küste von Orissa und Bengalen doppelt so häufig auf als an der Madrasküste; in der zweiten Hälfte desselben Monats verkehrt sich das Verhältnis in sein Gegenteil, und im November sind Stürme im Norden des Golfs schon seltene Ereignisse. Im Juni weiss man nur von je einem Wirbelsturm in Madras und Akyab. Alle anderen haben Bengalen, Orissa und deren Küsten heimgesucht, und die Wirbelstürme des Sommermonsuns haben sich alle im Norden der Bai meistens zwischen False Point und Chittagong, d. h. vor den Ganges-Mündungen, entwickelt. Die Stürme des arabischen Meeres sind nicht so bekannt als die des Golfs von Bengalen und verdienen deshalb, fleissiger studiert zu werden. Das Beobachtungsmaterial ist bislang sehr unvollständig und verzettelt; hier können fleissige, umsichtige Beobachter sich Palmen verdienen. Die stürmische Jahreszeit scheint im arabischen Meer weniger scharf begrenzt zu sein als in der Bai von Bengalen. In einem Punkte tritt ein grosser Unterschied gegen letztere Gegend hervor, dass nämlich im Mai und Juni Stürme verhältnismässig häufiger, im November und besonders im Oktober dagegen viel seltener auftreten. Ganz besondere Sorgfalt entfaltet Blanford bei den Peilungen des Mittelfeldes der Wirbelstürme gegenüber der herrschenden Windrichtung; einer Frage von hervorragender Wichtigkeit für den Seemann, weil er ja aus ihnen noch mehr als aus dem Fallen des Barometers seinen Ort dem Sturmfelde gegenüber und denjenigen Kurs feststellen muss, auf welchem er der vernichtenden Orkangewalt in der Nähe des Mittelfeldes entgehen kann. Die Untersuchung der Sturmkarten des Indischen Meteorologischen Amtes ergiebt: 1. dass im Norden der Bai, mit dem Wind recht von hinten lenzend, das Mittelfeld durchschnittlich 5 Strich über Backbord voraus peilt (d. h. 3 Strich vorderlicher als dwarslinks); 2. dass diese Peilung in jeder Entfernung vom Mittelfeld als richtig angenommen werden darf, solange die Winde stürmisch zu nennen sind; 3. dass im Süden der Bai das Mittelfeld etwa $^1/_2$ Strich weniger über Backbord voraus peilt (also $3^1/_2$ bis sogar 4 Strich vorderlicher als dwarslinks). 132 wirkliche Beobachtungen aus der nördlichen Hälfte der Bai ergaben dabei einen

Digitized by Google

mittleren Fehler von + 21° oder etwa + 2 Strich zu beiden Seiten der durchschnittlichen Peilung, woraus sich die zu beobachtende Rücksicht ergiebt, dass das Mittelfeld irgendwo zwischen 1 und 5 Strichen vorderlicher als dwars anzunehmen ist. In einer Entfernung von 50 Seemeilen vom Mittelfeld, wo die Winde mit Orkangewalt wehen, zeigen die Beobachtungen mit viel grösserer Einhelligkeit, dass das Mittelfeld von einem vor dem Winde lenzenden Schiff zwischen 2 und 4 Strich vorderlicher als dwars über Backbord liegt. Im Süden der Bai peilt das Mittelfeld weiter leewärts. In Ceylonstürmen peilt es wahrscheinlich 2 bis 6 Strich vorderlicher als dwars ab. Von Blanford's Steuerregeln in der Bai von Bengalen für praktische Seeleute können wir hier nur das Wichtigste bringen, nämlich, wie man das Herz des Sturms zu vermeiden hat, welches höchstens einige hundert Meilen, meist aber viel weniger umfangreich ist. Wenn ein Schiff von südwärts heraufkommt mit starkem SW-Wind, gelegentlichen Böen und Regenschauern und langsam fallendem Barometer — und dies kann sich jederzeit zwischen Mitte oder selbst Anfang Juni und Mitte September ereignen —, so ist fast mit Sicherheit auf das Dasein eines Sturmmittelfeldes nördlich von 16° N, im Juli oder August wahrscheinlich nicht südlicher als 19° zu rechnen. Weil Stürme in dieser Jahreszeit gewöhnlich zwischen N und W und mit seltenen Ausnahmen sogar zwischen WNW und NW vorwärts ziehen, so ist es für ein Segelschiff am ratsamsten, östlich abzuhalten, um den Ostquadranten zu umgehen und die dort vorzufindenden Ost- und SO-Winde als günstige Gelegenheit zu benutzen zur Fahrt golfaufwärts; doch ist Vorsicht dabei nötig. Im Mai, Oktober und November können Cyklonen an jeder Stelle der Bai angetroffen werden, dann giebt die beste Anleitung zur Bestimmung ihres Ortes die Schnelligkeit des Sinkens des Barometers, während das Schiff Kurs hält, und die Richtung des Windes, wobei man des Vorstehenden eingedenk sein soll, dass in der Regel vom lenzenden Schiff das Mittelfeld nicht rechtwinkelig oder dwars, sondern wahrscheinlich zwischen 1 und 5 Strich vorderlicher als dwars, wenn man sich im Norden der Bai und 2 bis 6 Strich vorderlicher als dwars peilt, wenn man sich auf der Breite von Madras, Ceylon und den Nicobaren befindet. Würde man also vor dem Winde lenzen wollen, so würde dieser Kurs das Schiff unfehlbar ins Mittelfeld bringen, weil ein lenzendes Schiff sich in der Regel schneller als das Mittelfeld bewegt. Ein Schiff aber, welches in den Monaten Juni bis September den Hoogly verlässt, wird hinlängliche Warnung über die bevorstehende Witterung von den östlichen Winden und dem Sinken des Barometers und äussersten Falles von den Sturmsignalen der Telegraphenstationen erhalten. Im Mai, Oktober und November liegt die Brutstätte des Wirbelsturms gewöhnlich weit unten in der Bai, und der Wirbel hat Zeit, sich zu dem wütenden

Digitized by Google

Orkan zu entwickeln, bevor er die Küste erreicht. Schiffe auf der Rhede von Madras oder einer der Rheden der Cornatic-Küste versuchen, bei Annäherung einer aus der Bai heranziehenden Cyklone gewöhnlich im Westquadranten nach Süden zu entschlüpfen. Segelschiffe haben unter solchen Umständen fast gar keine andere Wahl, weil sie ja doch gegen die schweren Nordwinde und die starke NW-Strömung nicht aufkreuzen können, um so dem Mittelfelde zu entgehen, besonders wenn dasselbe gegen einen Punkt im Norden ihrer Rhede zusteuert. Von Rangoon oder Moulmein bei stürmischem NO und fallendem Barometer kommende Schiffe können vor dem Wirbelsturm in der Andamanen-See nichts besseres thun, als wenn sie ihre Abreise aufschieben, bis der Sturm über Land verschwunden ist, wenn er nördlich zieht, oder bis er auf dem üblichen NW-Kurs vorbeigezogen ist, welches aus dem Steigen des Barometers und der nach Ost und südlich von Ost sich verändernden Windrichtung zu erkennen ist.“

Einige Untersuchungen über Orkane hat auch R. Abercromby angestellt, um die wahre Gestalt der Cyklonen, die Richtung ihres grössten Durchmessers und die genaue Position des Zentrums kennen zu lernen[1]). Es ergab sich, dass das Sturmfeld der Cyklonen beinahe immer ein Oval war, dessen grösster Durchmesser zwar oft mit der Bahn der Cyklone zusammenfiel, aber auch in vielen Fällen einen Winkel mit derselben bildete. Das Mittelfeld hatte gewöhnlich die Form der Cyklone, befand sich aber nicht genau in der Mitte derselben, sondern lag nach einer der Seiten des Ovals hin. Auch war die Lage desselben nicht konstant, sondern veränderte sich während des Fortschreitens der Cyklone.

Übereinstimmend mit Knipping, Doberck, Wilson und Viñez ergaben seine Untersuchungen, dass die Einbiegung des Windes nach dem Zentrum hin an der vorderen Seite der Cyklonen nur gering, an der hinteren Seite derselben jedoch beträchtlich war, und in manchen Fällen der Wind fast direkt nach dem Zentrum hin wehte.

Nach seinen Untersuchungen über die Orkane des südlichen Indischen Ozeans tritt der SE-Passat in der Nähe einer Cyklone mit grösserer Stärke auf, ist von Regenböen begleitet, und mit der Annäherung an die Cyklone fällt das Barometer stetig. Dieser intensivere Passat an der Südseite einer Cyklone ist nicht als zu derselben gehörig zu betrachten, geht aber allmählich in dieselbe über. Es ist daher sehr schwer, bei zunehmendem SE-Sturm darüber schlüssig zu werden, wie man zu manövrieren hat, um das Hineingeraten in eine Cyklone zu vermeiden, und diese Schwierigkeit und Unsicherheit wird noch dadurch vermehrt, dass der grösste Durchmesser dieser Cyklonen gewöhnlich in der Richtung E—W liegt, und es sich nicht im voraus ermitteln lässt, auf welcher Seite des Durchmessers das Zentrum liegt.

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1889. Heft 5. p. 218.

Digitized by Google

Des weiteren hat Abercromby Untersuchungen über die Bahnen der Cyklonen angestellt und gefunden, dass dieselben oft sehr unregelmässige Kurven sind und zuweilen eine kleine Schleife beschreiben.

Wie aus der Bewölkung und der Richtung, aus welcher die Wolken ziehen, auf das Herannahen eines Orkans und die ungefähre Lage seines Zentrums geschlossen werden kann, darüber bemerkt Abercromby folgendes:

Die Richtung, in welcher die Wolken ziehen, ist nahezu um 8 Strich verschieden von der Richtung, in welcher das Zentrum vom Beobachter aus liegt, während der Unterschied zwischen der Richtung des Oberflächenwindes und der vom Zentrum gewöhnlich grösser ist. Da sich jedoch die Richtung des Wolkenzuges mit der Höhe der Wolken ändert, ist die Kenntnis dieser Thatsache von geringem praktischen Nutzen.

Zieht man die in vertikaler Richtung stattfindende Aufeinanderfolge der Luftströmungen des südlichen Indischen Ozeans in Betracht, so ergiebt sich, dass das Zentrum der Cyklone nördlich vom Beobachter passiert, wenn die Wolken über dem SE-Passat mehr von E kommen als der Oberflächenwind, und südlich von demselben, wenn sie aus südlicherer Richtung als der Oberflächenwind kommen.

Sobald sich der Himmel mit oberen Wolken bezieht, kann man die ungefähre Richtung, in welcher das Zentrum der Cyklone liegt, daran erkennen, dass in dieser Richtung der Cirrus-Schleier am dichtesten ist. Später erscheint die charakteristische Wolkenbank, und die grösste und schwerste Masse dieser Bank befindet sich in der Richtung, in welcher das Zentrum ist.

Zur Form der Cyklonen hat auch E. Knipping einige Untersuchungen angestellt [1]). Bekanntlich ist die vorherrschende Gestalt derselben, d. h. selbstverständlich der Isobaren, diejenige eines Ovals oder einer Ellipse, deren kleine Axe durchschnittlich 0.5 bis 0.6 von der grossen Axe beträgt. Man kann die Frage aufwerfen, ob nicht auch Cyklonen auftreten, welche völlig kreisrunde Isobaren zeigen. Nach den Beobachtungen in Japan ist Knipping geneigt, diese Frage zu bejahen, wie besonders die Tokio-Wetterkarten vom 12. August 1884, 21. August 1886 und 19. August 1889 zeigen:

„In einer Breite von 31° bis 32°“, sagt er, „kommen also im August Taifune oder Cyklonen vor, welche so regelmässig sind, dass sich die Abweichungen der Isobaren von konzentrischen Kreisen auf einem Gebiete von 300 Seemeilen Durchmesser durch ganz scharfe Beobachtungen kaum nachweisen lassen. Für alle praktischen Zwecke sind dies die kreisförmigen, konzentrischen

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1890. 18. p. 103.

Digitized by Google

Isobaren der ersten Clykonenforscher. Bedingungen sind offene See und geringe Geschwindigkeit."

„Man könnte, fährt Knipping fort, „sich darüber wundern, dass bei Japan eine so regelmässige Form vorkommt, wie sie alle bisherigen synoptischen Beobachtungen, soviel mir bekannt, vermissen lassen. Eine befriedigende Erklärung scheint mir indessen nicht schwer zu sein.

Die Cyklonen beschreiben im allgemeinen Parabeln und weisen die geringste Geschwindigkeit in dem Scheitel derselben auf. Wenn nun geringe Geschwindigkeit eine Bedingung der regelmässigen Form ist, so sind Beobachtungen im Scheitel besser als in irgend einem anderen Teile der Bahn geeignet, die äusserste Grenze der Regelmässigkeit nachzuweisen. Da aber die Breite der Scheitelzone wenige Breitengrade nicht übersteigt, und die ganze Zone im Laufe einer Cyklonensaison zwischen 20° und 33° Breite hin und her pendelt[1]), so wird dadurch allein schon die Zahl der verwertbaren Beobachtungen ausserordentlich vermindert.

Von dem Reste dürften die Schiffsbeobachtungen, so wichtig und wertvoll sie auch sind, kaum jemals die nötige Schärfe besitzen, um innerhalb eines immerhin kleinen Cyklongebietes so genaue Isobaren zu liefern, wie die Tafel; dazu fehlen meist, selbst gute und zahlreiche Barometerbeobachtungen vorausgesetzt, genügend genaue Orts- und Zeitbestimmungen.

Wenn eine Zeit lang Cyklonenwetter geherrscht hat, ist der Schiffsort immer unsicher.

Dann werden die meteorologischen Zeitangaben nicht nach dem Chronometer, sondern der Deckuhr gemacht, welche gewöhnlich einmal, höchstens zweimal am Tage gestellt wird. Mit unsicheren Zeiten muss man also ebenfalls rechnen, besonders auf Ost- und Westkursen.

Vereint mit einem starken stündlichen Barometerfall oder steilen Gradienten genügen diese Fehlerquellen, um obige Behauptung zu rechtfertigen.

Eine Bestätigung dieser Ansicht liegt ferner in den inneren Widersprüchen, welche bei jeder mit den Beobachtungen vieler Schiffe unternommenen Cyklonenuntersuchung zu Tage treten. Man findet z. B., dass an derselben Stelle gleichzeitig ganz verschiedene Winde wehen, das Zentrum an zwei Orten zugleich sein sollte und dergleichen Unmöglichkeiten mehr.

Bei den kontinentalen Beobachtungen stossen wir auf eine andere Schwierigkeit. Es wurde gezeigt, wie schnell ein regelmässiger Cyklon über Land entartet. Das ist in Japan die Regel bei allen Augustcyklonen, wahrscheinlich die Regel bei allen Cyklonen.

Wenn also in vorwiegend kontinentalen Beobachtungsnetzen nicht die regelmässigste Form beobachtet wurde, so ist das ebenfalls erklärlich.

Dadurch wird die Zahl der günstig gelegenen Stationsnetze wieder beträchtlich verringert, und es bleiben nur übrig: Insulare Stationsnetze innerhalb zweier schmalen Erdzonen, welche in niederen Breiten der letzteren während zweier Monate, in höheren während eines Monates im Jahre unter besonders günstigen Bedingungen Gelegenheit haben, kreisförmige konzentrische Isobaren nachzuweisen.

Die mangelnde Schärfe und ungenügende Zahl der Schiffsbeobachtungen, die schnelle Entartung regelmässiger Wirbel über Land und endlich das räumliche Beschränktsein kreisförmiger Cyklonen auf zwei schmale, wandernde Zonen erklären zur Genüge, warum wir bisher keine sichere

---

[1]) Vgl. Anm. 3 und „Pilot Chart of the North Atlantic Ozean", September 1889. Hydrographic Office, Washington D. C. Die Scheitelzonen liegen nach letzterer Quelle für die westindischen Cyklonen wie folgt: Juni und Oktober 20° bis 23° N. Br., Juli und September 27° bis 29° N. Br., August 30° bis 33° N. Br.

Digitized by Google

Kenntnis derselben hatten. Dass sie überhaupt vorkommen, beweisen die japanischen Beobachtungen, dass sie viel häufiger vorkommen, als sie sich nachweisen lassen, ist unter den geschilderten, den Nachweis ausserordentlich erschwerenden Umständen mehr als wahrscheinlich."

Über Staubstürme in Süd-Mesopotamien berichtete B. Moritz[1]). Diese Stürme sind durch ihr zahlreiches und heftiges Auftreten übel berüchtigt. „Die grossen Ruinenfelder sind mit einer Schicht feinen Staubes bedeckt, der das durch den hohen Hitzegrad der Temperatur erzeugte Verwitterungsprodukt der alten zerfallenen Ziegelmauern darstellt. Leichte Windstösse genügen, um diesen Staub in dichten Wolken emporzuheben. Steigert sich der Wind, oder hält er längere Zeit an, so entstehen Staubwehen, bei denen die Luft derartig mit feinem Staub angefüllt ist, dass selbst die grössten Gegenstände wie Hügel auf eine Entfernung von kaum 200 *m* vollständig verschwinden, und zeitweise die Sonne unsichtbar bleibt. Diese Staubstürme sind es wohl hauptsächlich, die das Aussehen des Landes verändern, die Gestalt der Hügel einem beständigen Wechsel unterwerfen, indem sie auf der einen Seite Staub- und Sandmassen wegreissen und auf der anderen meterdick wieder ansetzen oder damit die Betten der alten Kanäle ausfüllen. So z. B. ist der Schatt en Nil, der eine bedeutende Breite und Tiefe gehabt haben muss, da er eine der grössten Städte des Landes Jahrtausende hindurch mit Wasser versorgen konnte, und der von dem ersten Besucher in den 50er Jahren noch hatte vollständig aufgenommen werden können, inzwischen derart verschüttet worden, dass auch nicht mehr die geringste Spur von ihm zu erkennen war. Bisweilen schichten die Stürme den Staub auch mitten in der Ebene zu langen Dünen auf, deren Gestaltung der von Schneewehen gleicht. Bei dem Ruinenhügel von Umm il 'agârib erheben sich lange parallele Reihen solcher Staubdünen, von etwa 5 *m* Höhe und einer Gesamtbreite von einer Viertelstunde, die sich von SW nach NO durch zum Teil noch jetzt bebautes Land hinziehen. Die umwohnenden Araber behaupten, dass diese Dünen erst seit wenigen Jahren entstanden seien, und besorgten bei dem beständigen Fortschreiten derselben die Verschüttung ihrer Felder, eine Befürchtung, die durchaus begründet war, denn der Staub erschien in beständiger, sichtbarer Bewegung. Nach der Ansicht der Eingeborenen, welche die Herkunft dieser Staubmassen sich nicht erklären können, soll es in der Wüste „Sandquellen" ('ojûn erraml') geben, aus denen der Staub wie Wasser aus der Erde steige. Bei der grossen Ruinenstadt Warka zeigte man mir eine solche Sandquelle, es war eine kleine einsame Düne von wenigen Metern Durchmesser. Kurze heftige Windstösse, die sie trafen, liessen den feinen Staub in rauchwolkenähnlichen

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1888. p. 188.

Digitized by Google

Massen aus ihr emporquellen, eine Erscheinung, die einem Araber jene eigentümliche Anschauung nahe legen kann."

Der Kreislauf der atmosphärischen Luft zwischen hohen und niederen Breiten ist auch von M. Möller dargestellt worden[1]. Im allgemeinen entspricht die Darstellung derselben der von Ferrel, indem ausgeführt wird, dass die rasch ostwärts rotierenden oberen Luftmassen zwischen 30° Breite und den Polen herabsinken und sich mit der rückströmenden unteren Luft vermischen, wobei auf der nördlichen Hemisphäre lebhafter NW entsteht Dieser Schlussfolgerung stehen freilich die vorwiegenden SW-Winde der höheren Breiten unserer Hemisphäre entgegen. Die Vorstellung, dass die äquatoriale Calmenzone durch das Aufeinandertreffen der entgegengesetzt wehenden Passate beider Hemisphären entstehe, hält Möller für nicht hinlänglich begründet.

Über atmosphärische Bewegungen hat H. v. Helmholtz in den letzten Jahren mehrere wichtige Mitteilungen veröffentlicht[2]. In der ersten entwickelt er mathematisch den Einfluss der Reibung auf die grossen Zirkulationen im Luftmeere und zeigt, wie ausserordentlich unbedeutend die Wirkungen der Reibung an der Erdoberfläche, die im Verlaufe eines Jahres zu stande kommen können, für die höheren Luftschichten sein würden, und dass die Vernichtung lebendiger Kraft durch Reibung hauptsächlich nur an der Bodenfläche und an den bei Wirbelbewegungen vorkommenden Trennungsflächen stattfinden könne. Ferner zeigt er, dass es nicht zulässig ist, die Annahme zu machen, dass die am Äquator aufgestiegene Luft auch nur 20° weiter nordwärts ungehemmt wieder den Erdboden berühre, weil sonst eine Geschwindigkeit des Windes resultieren müsste, die weit über alle beobachteten hinausgeht. Ferner weist v. Helmholtz nach, dass im Luftmeere regelmässig Zustände eintreten müssen, wo Schichten von verschiedener Dichtigkeit unmittelbar aneinander grenzend übereinander liegen. „Sobald nun eine leichtere Flüssigkeit über einer schwereren liegt mit scharf gezogener Grenze, so sind offenbar an dieser Grenze die Bedingungen für das Entstehen und die unregelmässige Fortpflanzung von Wogen gegeben, wie wir sie an der Wasserfläche kennen. Dieser gewöhnlich beobachtete Fall der Wellen an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft ist nur dadurch von den zwischen verschiedenen Luftschichten möglichen Wellensystemen unterschieden, dass dort die Differenz der spezifischen Gewichte der beiden Flüssigkeiten viel grösser ist, als hier." „Es schien mir", fährt v. Helmholtz in seiner zweiten Abhandlung fort, „von Interesse, zu untersuchen, welche andere Unterschiede im Verhalten der Luftwellen und

[1] Archiv der Deutsch. Seewarte **10.** Nr. 3.
[2] Sitzungsber. d. Preuss. Akad. 1888. Mai 31. Ibid. 1889. **38.**

Wasserwellen daraus folgen. Dass dergleichen Wellensysteme an den Grenzflächen verschieden schwerer Luftschichten ausserordentlich häufig vorkommen, scheint mir nicht zweifelhaft, wenn sie uns auch in den meisten Fällen unsichtbar bleiben. Wir sehen sie offenbar nur dann, wenn die untere Schicht so weit mit Wasserdampf gesättigt ist, dass die Wellenberge, in denen der Druck geringer ist, Nebel zu bilden anfangen. Dann erscheinen streifige parallele Wolkenzüge in sehr verschiedener Breite, sich zuweilen über breite Himmelsflächen in regelmässiger Wiederholung erstreckend. Indessen scheint es mir nicht zweifelhaft, dass das, was wir so unter besonderen Bedingungen, die mehr den Charakter von Ausnahmefällen haben, wahrnehmen, in zahllosen anderen Fällen vorhanden ist, ohne dass wir es sehen. Die von mir angestellten Rechnungen zeigen ferner, dass bei den beobachteten Windstärken sich im Luftkreise nicht nur kleine Wellen, sondern auch solche von mehreren Kilometern Wellenlänge ausbilden können, die, wenn sie in der Höhe von einem oder einigen Kilometern über dem Erdboden hinziehen, die unteren Luftschichten stark in Bewegung setzen und sogenanntes böiges Wetter hervorbringen müssen. Das Eigentümliche desselben sehe ich darin, dass Windstösse, oft von Regen begleitet, nach ziemlich gleichen Zwischenzeiten und in ziemlich gleichem Verlauf mehrmal des Tages an demselben Orte wiederkehren. Ich glaube annehmen zu dürfen, dass diese Wellenbildungen in der Atmosphäre die häufigste Veranlassung zur Vermischung der atmosphärischen Schichten, und unter geeigneten Umständen, wenn die aufsteigenden Massen Nebel bilden, zu Störungen eines nahezu labil gewordenen Gleichgewichtes abgeben. Unter solchen Bedingungen, wo wir Wasserwellen branden und Schaumköpfe bilden sehen, werden zwischen den Luftschichten sich ausgiebige Mischungen herstellen müssen. Ich habe im Anfange meines früheren Aufsatzes auseinandergesetzt, wie ungenügend die bekannten Intensitäten der inneren Reibung und Wärmeleitung der Gase sind, um die Ausgleichung der Bewegungen und Temperaturen in der Atmosphäre zu erklären. Wenn nun die mechanische Wärmetheorie uns gelehrt hat, die Reibung in den Gasen als die Vermischung verschieden bewegter Schichten, die Wärmeleitung als die Vermischung verschieden temperierter Schichten, aufzufassen: so ist verständlich, dass eine ausgiebigere Vermischung der Schichten in der Atmosphäre die Wirkungen der Reibung und Wärmeleitung in erhöhtem Masse hervorbringen muss, aber allerdings nicht in ruhigem, gleichmässigem Fortgange, sondern ruckweise springend, wie es eben der besondere Charakter der meteorologischen Prozesse ist.“ v. Helmholtz hat es deshalb für wichtig erachtet, die Theorie der Wellen an der gemeinsamen Grenzfläche zweier Flüssigkeiten mathematisch zu bearbeiten. Da das Problem überaus verwickelt und schwierig ist, so beschränkt

Digitized by Google

er seine Untersuchungen zunächst auf den einfachsten Fall, nämlich die Bewegung geradliniger Wellenzüge, welche an den ebenen Grenzflächen unendlich ausgedehnter Schichten zweier verschieden dichter Flüssigkeiten, die verschiedene strömende Bewegung haben, sich in unveränderter Form und mit konstanter Geschwindigkeit fortpflanzen. Er nennt Wogen dieser Art stationäre Wellen. Was die nähere Begrenzung des Gebietes angeht, in welchem wir die Bedingungen für die Entstehung von Luftwogen zu suchen haben, so zeigt v. Helmholtz, dass der Ort der Wogenbildung zwischen den Luftschichten namentlich in den tieferen Teilen der Atmosphäre zu suchen sein wird, während in den höheren ein überwiegend kontinuierlicher Übergang der verschiedenen Werte der Rotation und Temperatur zu erwarten ist. „Die Grenzflächen verschiedener Luftschichten, auf denen die Wellen verlaufen. werden ein Ufer am Erdboden haben, und die Schichten dort seicht auslaufen. Die Erfahrung lehrt ebenso wie die Theorie, dass Wasserwellen, die gegen ein seichtes Ufer anlaufen, dort branden, und selbst Wellen, die ursprünglich dem Ufer parallel fortliefen, pflanzen sich in seichtem Wasser langsamer fort. Anfangs geradlinige Wellen also, die dem Ufer parallel fortlaufen, werden infolge der Verzögerung daselbst sich krümmen müssen, wobei sie die Konvexität ihres Bogens dem Ufer zuwenden; infolgedessen laufen sie auf dieses zu und zerschellen.“ Verfasser zeigt, in welchen Verhältnissen die Bewegungen und Formen der Wasserwellen geändert werden müssen, um auf die Luft übertragen zu werden. „Ganz streng sind diese Verhältnisse von den Wasserwellen, die am Ufer zerschellen, allerdings auf die Luft nicht zu übertragen, auch giebt selbst die bisherige einfachere Theorie, die den Einfluss der Luft vernachlässigt, darüber keinen vollständigen Aufschluss. Aber die Bedingungen entfernen sich doch nicht erheblich von denen, wo wir strenge Übertragungen machen können, und ich glaube deshalb, nicht zweifeln zu dürfen, dass Luftwellen, die in dem idealen, rings um die Axe symmetrischen Luftkreise zunächst nur in west-östlicher Richtung laufen könnten, einmal erregt, sich nahe der Erdoberfläche umwenden und in nord-westlicher Richtung (auf der nördlichen Halbkugel) gegen diese anlaufend zerschellen müssen.“ Ein anderer Prozess, der das Branden der Wellen auf der Höhe ihrer Berge bewirken kann, ist die allmähliche Steigerung des Windes Das bestätigt auch die Analyse des Verfassers: „sie zeigt, dass Wellen von gegebener Wellenlänge nur bei beschränkter Windstärke bestehen können. Es wird Steigerung des Geschwindigkeitsunterschiedes in der Atmosphäre oft genug vorkommen können, aber es lassen sich noch nicht allgemein wirkende Bedingungen für einen solchen Vorgang angeben.“ v. Helmholtz erwähnt noch einen Punkt, der Bedenken gegen seine Deutung erregen könnte. Hochaufgetriebene Wasserwellen haben

immer schmalere, stärker gekrümmte Wellenberge und breitere, flacher gekrümmte Thäler. Die Analyse ergiebt dasselbe unabhängig von der Art der Medien. Luftwellen, wenn sie uns als Wolkenstreifen sichtbar werden, haben dagegen rundere Köpfe. Dabei müssen wir aber bedenken, dass nach den zuerst von Reye aufgestellten Sätzen Luft, die Nebel gebildet hat, leichter wird, als sie vorher war. Was wir als Nebel erscheinen sehen, drängt also nach oben und schwellt die Wellenberge mehr, als es in durchsichtiger Luft der Fall zu sein braucht. Indem v. Helmholtz solche geradlinige Wellen aufsucht, welche ohne Änderung ihrer Form sich mit konstanter Geschwindigkeit fortpflanzen, folgert er aus dem Prinzip der mechanischen Ähnlichkeit, dass, wenn man für diese Form der Luftwellen dieselbe Windgeschwindigkeit erhalten will, wie für geometrisch ähnliche Wasserwellen, man die Wellenlänge der Luftwellen im Verhältnis von 1 : 2630.3 steigern muss. Das Verhältnis wird etwas kleiner, wenn man die Rechnung für die niedrigsten Wellen ausführt, nämlich 1 : 2039.6, was für 10 *m* Wind über 900 *m* Wellenlänge giebt. „Da wir", sagt er, „bei den am Erdboden vorkommenden mässigen Windstärken oft genug Wellen von einem Meter Länge haben, so würden dieselben Winde in die Luftschichten von 10° Temperaturdifferenz übersetzt, also 2 bis 5 *km* Länge erhalten. Grösseren Meereswellen von 5 bis 10 *m* würden Luftwellen von 15 bis 30 *km* entsprechen können, die schon das ganze Firmament des Beschauers bedecken, und den Erdboden nur noch in einer Tiefe, die kleiner als die Wellenlänge ist, unter sich haben würden, also den Wellen in seichtem Wasser zu vergleichen wären, die das Wasser am Grunde schon erheblich in Bewegung setzen." Der Wind unter den Wellenthälern ist bei unterer Windstille der Fortpflanzungsgeschwindigkeit entgegen, unter den Wellenbergen aber gleich gerichtet. Änderungen des Barometerstandes sind nur zu erwarten, wenn beim Vorübergang der Wellen starker Windwechsel merklich wird.

18. Elektrische Erscheinungen in der Erdatmosphäre.

Mit Untersuchungen über die elektrische Natur der atmosphärischen Niederschläge beschäftigen sich seit längerer Zeit J. Elster und H. Geitel. In einer neueren Abhandlung haben sie diejenigen Resultate ihrer Studien zusammengestellt, welche ihnen am zuverlässigsten erscheinen[1]). Hiernach hat die Elektrizität der Niederschläge kein konstantes Vorzeichen. Positive Ladungen treten in Zahl und Intensität bei Regenfällen zurück, während sie bei starken Schneefällen sich mehr geltend machen.

[1]) Sitzungsber. d. k. k. Akad. in Wien. Mathem. naturw. Kl. 88. Abteil. IIa. Mai 1890.

Digitized by Google

Im allgemeinen ist die Elektrizität der Niederschläge in bezug auf Zeichenwechsel von grösserer Trägheit, als das atmosphärische Potentialgefälle; Zeichenwechsel des letzteren gehen oft spurlos an der ersteren vorüber. Bei dichten Schneefällen macht die Niederschlagselektrizität die Wechsel der atmosphärischen Elektrizität meist in gleichem Sinne mit, bei Regenfällen ist Vorzeichenwechsel im entgegengesetzten Sinne die häufigere Ercheinung Überhaupt tritt bei Regenfällen die Neigung der Niederschlagselektrizität hervor, im Zeichen dem der atmosphärischen Elektrizität entgegengesetzt zu sein, doch kommen auch längere Reihen von Übereinstimmung vor. Wenngleich meist bei Platzregen starke Elektrisierungen notiert wurden, so können doch auch spärliche Regenfälle, wie die Sprühregen aus dem Rande eines Gewitters, sehr hohe Spannungen zeigen.

In ausgedehnten Schnee- und Regenfällen scheint die elektrische Thätigkeit sehr schwach zu sein.

Der im ganzen negative Charakter der Regenfälle stimmt gut mit denjenigen Theorien der atmosphärischen Elektrizität überein, welche, wie die von Exner und Arrhenius, ein Entweichen negativer Elektrizität von der Erdoberfläche in die Atmosphäre annehmen und aus dieser Voraussetzung die Schwankungen des atmosphärischen Potentialgefälles ableiten; Regenfälle müssen negative Elektrizität wieder zur Erde zurückführen.

Das Studium der Luftelektrizität wird von Palmieri auf dem Observatorium des Vesuvs mit besonderer Vorliebe betrieben. Aus seinen Beobachtungen im Vergleich mit denjenigen der 580 *m* tiefer liegenden Universität in Neapel hat sich schon vor längerem ergeben, dass an heiteren Tagen ohne heftige Winde in der Winterhälfte des Jahres die Werte, welche man für die Luftelektrizität auf der Universitäts-Sternwarte findet, grösser sind als die auf dem Vesuv-Observatorium gemessenen (ausgenommen einige Fälle, in denen Nordwinde vorherrschten), nur in der anderen, sommerlichen Jahreshälfte verhält sich die Elektrizität umgekehrt, auf dem hochgelegenen Observatorium werden höhere Werte beobachtet als auf der Universitäts-Sternwarte, und zwar meist in den wärmsten Stunden des Tages; in den Nächten hingegen verhält sich die Luftelektrizität wie im Winter.

Neuere Beobachtungen Palmieri's [1]) betreffen die Luftelektrizität innerhalb der Wolken auf dem Vesuv-Observatorium und bei heiterem, wolkigem oder bedecktem Himmel in Neapel. Während der Winterhälfte des Jahres haben die Beobachtungen regelmässig gezeigt, dass die Elektrizität innerhalb der Wolken auf dem Observatorium geringer gewesen, als die in Neapel bei heiterem, bedecktem oder wolkigem Himmel gleichzeitig beobachtete,

---

[1]) Rendiconti del'Accademia delle Scienze di Napoli [2.] **3.** **p. 167. 1889.**

Digitized by Google

abgesehen von einigen seltenen Ausnahmen. Ferner ist bemerkenswert, dass man, wenn die Wolken auf dem Observatorium sich in Regen auflösten, bald darauf sehr starke positive, und in der Universität gleichfalls starke, aber negative Elektrizität beobachtete, in Übereinstimmung mit einem von Palmieri bereits 1854 aufgestellten Gesetze. Vom Monat Mai bis zur Mitte Oktober hingegen, wo in der Regel auf dem Vesuv-Observatorium die Elektrizität bedeutend stärker ist, als auf der Universitäts-Sternwarte, findet man, wenn das Observatorium in Wolken gehüllt ist, die Elektrizität auf der Universitäts-Sternwarte fast immer stärker als die gleichzeitig auf dem Vesuv beobachtete.

Die allgemein verbreitete und früher auch von Palmieri geteilte Ansicht, dass die Wolken Elektrizitätsleiter sind, welche sich in der Luft entweder positiv oder negativ laden und bei ihrer Begegnung Blitze überspringen lassen, konnte man gleichfalls auf dem Observatorium einer Prüfung unterwerfen, da dieses oft von Wolken erreicht wird, die, vom Meere kommend, bis zu einem tieferen Niveau als das des Observatoriums den Vesuv bedecken, der viele Stunden oder einige Tage innerhalb der Wolken bleibt. Zuweilen sieht man auf dem Meere herumstreichende Wolken, die von einander getrennt nach einander herankommen, für kurze Zeit das Observatorium einhüllen und dann über die Ebenen Campaniens ziehen, um entweder zu verschwinden oder sich auf den Appeninen anzuhäufen. Das Herankommen der Wolken macht sich in der Regel bemerkbar durch eine geringe Abnahme der Elektrizität, welcher beim Abziehen der Wolke eine geringe Zunahme folgt. In allen Jahren konnte Palmieri niemals negative Elektrizität in den Wolken beobachten, wenn nicht Regen in der Entfernung herrschte; stärkere positive Elektrizität als normal fand er nur, wenn die Wolken sich verdichteten, und eine ganz unverhältnismässige Zunahme der Elektrizität wurde allein beobachtet, wenn die Wolken sich entschieden in Regen verwandelten. Daher ist bei wolkigem Himmel die Luftelektrizität geringer als bei heiterem, wenn es weder am Orte der Beobachtung, noch in einem bestimmten Abstande regnet was auch A. Quetelet angegeben hat. Die gleichzeitigen Beobachtungen innerhalb und ausserhalb der Wolken stimmen nun sehr merkwürdig darin überein, die obige irrige Meinung zu bekämpfen. Es könnte auffallen, dass das Erscheinen eines einfachen Nebels am Orte der Beobachtung eine starke Zunahme der Elektrizität veranlasst, die nicht stattfindet in den Wolken, welche ihn bedecken. Aber dies lässt sich nach Palmieri erklären, wenn man bedenkt, dass das plötzliche Erscheinen des Nebels ein Kondensieren von Dampf oder die Entstehung von Dampf bedeutet; eine fertige Wolke hingegen besteht aus Dampf, der sich anderswo kondensiert und seine Elektrizität verloren hat. Wenn nämlich dieselben Nebel, welche bei ihrem Auftreten starke

Digitized by Google

Elektrizität zeigen, stationär bleiben, hält zwar die relative Feuchtigkeit an, aber die stärkere Elektrizität verschwindet. Die Wolken als solche haben somit kein eigenes Potential, ausser wenn sie sich in Regen, Hagel oder Schnee umwandeln, und somit hat auch die Unterscheidung von positiven und negativen Wolken keinen Sinn. Negative Elektrizität findet man nur bei Regen in der Entfernung oder beim Niederfallen von Sand. Wenn daher bei fallendem Regen der Beobachter sich in der negativen Zone befindet, welche denselben umgeben muss, wird er diese Elektrizität beobachten bei heiterem oder wolkigem Himmel und selbst bei geringem Regen, der in jener Zone stattfinden kann. So entstand nach Palmieri der Glaube an die negative Elektrizität bei heiterm Himmel, an die negativen Wolken und Regen.

Wenn die Wolken als solche kein eigenes Potential besitzen, das verschieden ist von demjenigen des Feldes, in dem sie schweben, so giebt es keine Wolken, welche an sich Gewitter bringend sind, sondern alle können es werden, wenn sie gezwungen werden, sich schnell in Regen oder Hagel umzuwandeln. Jede Wolke, welche sich in Regen auflöst, wird eine reichliche Quelle der Elektrizität, welche ihren Einfluss auf mehr oder weniger grosse Entfernungen bemerkbar macht, je nach der Menge und der Schnelligkeit ihrer Regengüsse, und so entstehen die Zonen, welche Palmieri bereits 1854 aufgefunden. Wenn die Verdichtung eine schnelle ist, werden die Spannungen sehr stark, und wenn diese sich nicht leicht zerstreuen, treten Blitze auf, welche sich auf die Zonen beschränken, in denen der Regen nicht fällt. Aus diesem Grunde kann man immer, wenn man den Donner hört oder einfach den Blitz im Dunkel der Nacht sieht, sicher sein, dass in gewisser Entfernung reichlicher Regen, oft mit Hagel, fällt, und dass dort das Zentrum des Gewitters ist".

Palmieri hatte oft Gelegenheit, viele Stunden lang das Vorüberziehen der Wolken zu beobachten, welche vom Meere kommend das Observatorium erreichten, und nachdem sie Campanien durchzogen hatten, sich an der Appeninenkette ansammelten im Norden des Observatoriums, wo die höheren Gipfel la Majella auf dem Matese und weiter hin il Gran Sasso liegen, und auf diesen Gipfeln sah man bei der Abenddämmerung häufig einen heftigen Gewitterregen. Wie konnten die Wolken, welche harmlos am Observatorium vorüberzogen, auf dem Matese zu Gewitterwolken werden? Die Antwort ist einfach, sagt Palmieri, „weil sie sich dort in heftige Wasserströme mit oder ohne Hagel verwandelten".

Die Beobachtungen, welche Prof. L. Weber über atmosphärische Elektrizität angestellt hat, führen diese zu Schlüssen, welche denjenigen Palmieri's teilweise völlig entgegengesetzt sind. Weber fand schon früher, dass an heiteren Tagen, die untersten Luftschichten bis zu mehreren hundert Metern Höhe eine negativ elektrische Ladung besitzen. Neuerdings hat er auch

Digitized by Google

Beobachtungen bei bewölktem Himmel angestellt und über diese und die daraus resultierenden Folgerungen berichtet[1]. Nach seiner Meinung zeigen alle bisherigen Beobachtungen, dass das elektrische Gesamtpotential der Atmosphäre von der Erdoberfläche an bis zu bedeutenden Höhen regelmässig zunimmt.

Prof. Weber geht von der Peltier'schen Auffassung einer negativen Ladung der Erde aus und fand, dass im Mittel zwischen einem 350 *m* über der Erdoberfläche gelegenen Punkte und der Erdoberfläche selbst eine Potentialdifferenz von 96400 Volt besteht. Dies ergiebt pro Meter eine Potentialdifferenz von 275 Volt. Hieraus ergiebt sich ferner für die Dichte der negativen Ladung der Erdoberfläche pro *qcm* der Wert von — 0.00072 absoluten Einheiten. Diese elektrische Dichtigkeit der ebenen Erdoberfläche ist allerdings so gering, dass sie direkt nicht wahrnehmbar ist, weil die Gewichtsverminderung eines mit der glatten Erdoberfläche in Berührung stehenden Körpers infolge dieser schwachen Ladung ganz verschwindend ist. Wesentlich anders gestalten sich aber die Verhältnisse für alle hervorragenden Stellen der Erdoberfläche, also für weit in die Luft ragende Leiter. Eine Metallkugel z. B. von 1 *m* Radius in der Höhe von 350 *m* über der Erdoberfläche befindlich und mit der Erde durch einen dünnen Draht in leitende Verbindung gebracht, wird eine Ladung von 96400 Volt annehmen, woraus für die Dichtigkeit ihrer elektrischen Ladung der Wert von 0.265 Einheiten folgt Nimmt unter sonst gleich bleibenden Verhältnissen der Radius dieser Kugel ab, so wächst die abstossende Kraft derselben proportional dem reziproken Werte des Quadrats des Radius. Solche Kräfte müssen schon wahrnehmbar sein und z. B. auf der Spitze des Eiffelturmes sich beobachten lassen. Es folgt ferner hieraus, dass alle Staubpartikel, sobald sie in die Nähe von hervorragenden spitzen Gegenständen kommen, sich negativ laden müssen.

Zur Erklärung der Wolken- und Gewitterelektrizität betrachtet Prof Weber den Übergang der Elektrizität von einem Körper auf einen zweiten entfernten Körper als elektrische Strahlung: demnach werde ein isolierter Konduktor, der einer elektrisch geladenen Spitze gegenüber steht, durch Strahlung geladen, wobei es unentschieden bleiben mag, welche Rolle die dazwischen befindliche Luft und Staubpartikel spielen. Die Intensität der Strahlung hängt ab von der Entfernung der beiden Körper, von ihrer Potentialdifferenz, von ihrer geometrischen Gestalt und von der Beschaffenheit des Zwischenkörpers.

Weiterhin hält Weber die Annahme einer elektrischen Ausstrahlung gegen den Weltraum und einer elektrischen Einstrahlung

[1] Elektrotechnische Zeitschrift 1889. Heft 22 und 24. Naturwiss. Wochenschrift 1890. p. 156.

Digitized by Google

durch die Sonne nicht für bedenklich, ebenso die einer elektrischen Konvektion in der Atmosphäre, d. h. einer Fortführung der Ladung eines Körperchens nach seiner Berührung mit einem anderen nach anderen Stellen.

Messungen der Luftelektrizität im hohen Norden sind an der schwedischen Polarstation auf Spitzbergen angestellt worden [1]). Die Beobachtungen sind überaus wertvoll und bestehen in stündlichen Aufzeichnungen vom November 1882 bis Ende August 1883.

Die Luftelektrizität war zu Kap Thordsen fast ohne Ausnahme positiv. In der täglichen Periode erscheint ein Maximum der Spannung 8^h vormittags schwach und 8^h abends stark ausgeprägt, ein Minimum 4^h früh. Die Luftelektrizität erreicht öfter auf Spitzbergen so hohe Tensionen, dass man starke Funken erhält, wenn man den Kollektor leitend mit der Erde verbindet. „Dass es trotzdem in hohen Breiten so selten zu Gewittererscheinungen kommt, glaubt der Autor dadurch erklären zu können, dass der Wasserdampfgehalt der Luft zu gering ist, um rasche und zugleich intensive Kondensationen öfter möglich zu machen. Am 26. März 3^h morgens erhielt man starke (positive) Funken vom Kollektor bei ganz reinem Himmel, und es war dabei vorher und nachher 15 Stunden hindurch heiter gewesen. Dies widerlegt Palmieri's Ansicht, dass so starke Spannungen nur im Gefolge von nahen oder entfernten Kondensationen des Wasserdampfes auftreten".

„Es wurde auch versucht, etwaige Beziehungen zwischen den gleichzeitigen Variationen der Luftelektrizität und des Erdmagnetismus zu konstatieren. Zu diesem Zwecke wurden einige Reihen von Beobachtungen der Luftelektrizität in Intervallen von je 20 Sekunden gemacht und dieselben mit den gleichzeitigen Variationen der magnetischen Elemente auf graphischem Wege verglichen. Es lässt sich aber keine Beziehung der raschen Änderungen der Luftelektrizität zu den gleichzeitigen Variationen der magnetischen Elemente auffinden.

Die Beziehungen der Luftelektrizität zu den Nordlichtern bestehen in einer sehr merklichen, oft rapiden Verminderung der Luftelektrizität. Damit steht wohl in Zusammenhang, dass dem einzigen Fall einer negativen Luftelektrizität bei heiterem Himmel (am 1. Dezember 1882) im Laufe einiger Minuten ein Nordlicht folgte. Die Verminderung der positiven Elektrizität bei Nordlichtern ist oft so plötzlich und so beträchtlich, dass sie vollkommen vergleichbar wird mit den negativen Störungen während schlechten Wetters und während Niederschlägen. Der Zusammenhang mit den Nordlichtern offenbart sich auch dadurch, dass

---

[1]) Observ. faites au Cap Thordsen. 2. Electr. atmosph. Stockholm 1887. Referat von Hann in der Meteorolog. Zeitschr. 1890. p. 29.

Digitized by Google

einige Zeit nach dem Fall der Spannung dieselbe wieder im positiven Sinne zunimmt, und sobald das Nordlicht vorüber, die Luftelektrizität wieder hohe positive Spannungen annimmt. Der Umstand der Erscheinung der Nordlichter bei ganz heiterem Himmel und die gleichzeitige Abnahme des positiven Luftpotentials ist gewiss sehr bemerkenswert. Es ist, als ob unsichtbare Kondensationen des Wasserdampfes in sehr grossen Höhen eintreten würden, welche auf das Elektrometer so einwirken, wie die Kondensationen in der gewöhnlichen Wolkenhöhe".

Die Untersuchung der Gewitter in Süddeutschland durch C. Lang[1]) ergiebt mit Sicherheit, dass die Gewitter wenigstens in gewissen Fällen, gemäss dem allgemeinen Windgesetze, um ein Depressionszentrum (Teil-Minimum) kreisen. Ferner ergab sich aus 10-jährigen Zusammenstellungen, dass die Gewitter (ohne Unterscheidung ihrer Richtung) um so rascher ziehen, je beträchtlicher ihre Frontentwickelung ist, ferner, dass die Geschwindigkeit der nächtlichen Gewitter jene der bei Tage ausbrechenden erheblich übersteigt.

Beobachtungen über Gewittererscheinungen in Steiermark, Kärnten und Oberkrain sind seit dem Jahre 1885 durch Karl Prohaska in Graz organisiert worden. Mit regstem Eifer hat derselbe ein grosses Beobachtungsnetz organisiert und eine Menge überaus wichtigen Beobachtungsmaterials zusammengebracht. Die Bemühungen dieses einzigen Mannes sind um so höher anzuschlagen, als derselbe, ohne in der Öffentlichkeit viel Aufhebens von seinem Unternehmen zu machen und seine Person in den Vordergrund zu rücken, ganz allein, ohne irgend welche staatliche Unterstützung und Hülfe zu beanspruchen oder zu erhalten, dieses Gewitterbeobachtungsnetz organisierte, welches bis zu 300 Stationen gezählt hat. In den vier Jahren 1885—88 sind im ganzen 33756 Gewittermeldungen aus diesem Netze in Graz eingelaufen, diskutiert, zu allgemeinen Resultaten verarbeitet und letztere in den Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark veröffentlicht worden. Diese umfangreichen Veröffentlichungen hat Prof Hann einer eingehenden Analyse unterzogen[2]), aus der folgendes einen das Wesentliche umfassenden Auszug bildet.

Was zunächst die jährliche Periode der Gewitter in den oben bezeichneten Gebieten anbelangt, so ergaben die vierjährigen Ermittelungen, dass die beiden Maxima der Gewitterfrequenz im Frühsommer und Spätsommer, welche auf der Nordseite der Alpen so entschieden auftreten, hier nicht so deutlich ausgeprägt sind: in den Halbmonatsummen erscheint nur ein einziges sehr gut ausgeprägtes Maximum in der zweiten Julihälfte. Nur die Häufig-

[1]) Beobacht. der meteorol. Stationen im Königr. Bayern. 9. 1889.
[2]) Zeitschr. für Meteorologie 1889. p. 176 u ff.

Digitized by Google

keit des Wetterleuchtens zeigt dieselbe Periode, wie wir sie bei den Gewittern Mitteleuropas antreffen. Übrigens ist zu berücksichtigen, dass hier erst vierjährige Resultate vorliegen.

„Indem der Autor die Zahl der Gewitterstunden durch die zugehörige Zahl der Einzelmeldungen dividiert, erhält er die mittlere Dauer eines Gewitters. Dieselbe betrug im Mittel 1885 bis 1887 1.44 Stunden. Allerdings ist dieses Resultat etwas zu gross, da jedes Gewitter zu mindestens einer Stunde Dauer angenommen wurde, doch lässt sich zeigen, dass der daraus entstehende Fehler kaum 0.1 Stunde erreichen dürfte. Nach Jahreszeiten gruppiert, erhält man als mittlere Dauer der Gewitter im Frühlinge 1.2 Stunden, Sommer 1.4, Herbst 1.6 Stunden. Dies entspricht auch sehr gut dem Charakter der Gewitter dieser Jahreszeiten. Da nun die mittlere Geschwindigkeit der Gewitter des Beobachtungsgebietes zu 30 *km* per Stunde gefunden worden ist, so ergiebt sich die Breite der Gewitterwolken zu höchstens 43 *km*; mit Rücksicht aber darauf, dass obige Dauer die mittlere Zeit zwischen dem ersten und letzten Donner darstellt, darf man annehmen, dass die mittlere Breite der gewöhnlich bandförmigen Gewitterwolken ca. 37 *km* nicht überschreitet.

Die tägliche Periode kommt so regelmässig in den einzelnen Jahren sowie in den einzelnen Jahreszeiten in übereinstimmender Weise zum Ausdrucke, dass sie als sicher konstatiert zu betrachten ist. Das Hauptmaximum fällt auf 3—5^h nachmittags, das kleine sekundäre Maximum in der Nacht ist desgleichen sichergestellt. Wie K. Prohaska mit Recht bemerkt, würde es jedenfalls noch stärker hervortreten, wenn die Beobachtungen für die Nachtzeit ebenso vollständig wären wie für die Tageszeit; in der That werden aber bei Nacht (namentlich in Bezug auf die Stunde) nur jene Gewitter notiert, die nahe und stark genug waren, den Beobachter aus dem Schlafe zu wecken“.

„Was die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter anbelangt, so tritt deren geringerer Wert in den Nachmittagsstunden auf der Südseite der Ostalpen noch deutlicher ausgesprochen hervor, wie in Süddeutschland, desgleichen auch die nächtlichen und die Morgenmaxima derselben. Dass an der geringeren Geschwindigkeit der Gewitter in den Nachmittagsstunden und auf der Südseite der Ostalpen überhaupt die gerade um diese Zeit und in dieser Gegend am zahlreichsten auftretenden lokalen „Wärmegewitter“ mit ihrer langsamen Ausbreitung die Schuld tragen, liegt sehr nahe. Interessant ist aber daneben die Wahrnehmung, dass die tägliche Periode der Geschwindigkeit der Gewitter mit der täglichen Periode der Windstärke auf dem Obir und Säntis eine auffallende Übereinstimmung zeigt, besonders da ein kausaler Zusammenhang beider Erscheinungen nicht leicht abzuweisen ist.

„Die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit wurde im Jahre

Digitized by Google

1886 zu 30.7 *km* gefunden, im Jahre 1887 nur zu 28.8 *km*, das Mittel 29.7 *km* pro Stunde ist erheblich kleiner als jenes für Süddeutschland 41.1, Frankreich 41.3, Italien 35.7 und Norwegen mit 38 *km*. Die Geschwindigkeit der Gewitter ist also auf der Südseite der Ostalpen eine auffallend geringe. Auch hierbei spielen die mehr lokalen Gebirgsgewitter eine Rolle.

Die jährliche Periode der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ergiebt sich aus folgenden Zahlen (Mittel 1886 und 1887). Wir fügen die entsprechenden Zahlen für Süddeutschland (Mittel 1882/86) nach Dr. Lang hinzu.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Ost-Alpen .	—	—	29	33	29	29	26	33	28	43	**48**	40
S.-Deutschl. .	63	—	47	38	37*	40	41	44	42	45	**64**	69

In der kälteren Jahreshälfte ist die Geschwindigkeit eine grössere als in der wärmeren in Analogie mit dem täglichen Gange.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter ist bei höherem Barometerstand kleiner als bei tieferem.

Abweichung des Luftdruckes vom Mittel	über +3	+3 bis 0	0 bis −3	unter −3 *mm*	
1886	24	32	31	39 *km*	pro Stunde
1887	25	28	34	36 „	„ „

An heissen Sommertagen lassen sich in den Alpen trotz hohen Barometerstandes häufig lokale Gewitter beobachten, die dann gewöhnlich nur sehr träge sich weiter bewegen oder fast stille zu stehen scheinen. In der That hatten in den Jahren 1885/87 55 % aller Gewittertage eine positive Luftdruckabweichung und nur 45 % eine negative. Das Ergebnis einer spezielleren bezüglichen Untersuchung wird später noch mitgeteilt.

Der Autor untersucht ferner auch die Beziehung zwischen Zugrichtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Hier folgen die hauptsächlichsten Resultate (1886/87).

Zugrichtung:	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Geschwindigkeit	24.6	24.6	22.9*	23.6	28.3	**34.9**	32.7	27.7
Süddeutschland nach Dr. Lang (1882/86)								
Geschwindigkeit	27.5*	31.4	36.4	30.8	36.8	42.1	**42.7**	37.7

Die Ostgewitter ziehen am langsamsten, die Westgewitter am raschesten. In Süddeutschland fällt das Minimum auf die Nordgewitter (nach Quadranten von N über E gezählt, giebt Lang: I. Quadrant 33.0, II. 34.2, III. 42.5, IV. 37.9.)

Zugrichtung. Das Hauptergebnis der darauf bezüglichen Zusammenstellung ist in folgenden aus den Jahren 1885/87 abgeleiteten Summen enthalten.

Häufigkeit der Zugrichtungen der Gewitter aus:	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Zahl der Tage . .	25	23*	26	25	32	101	84	**120**
Zahl der Meldungen	849*	1613	**1859**	1384	918*	5149	**6534**	5995

Digitized by Google

In der letzten Zahlenreihe kommt auch die Ausdehnung der Gewitter zum Ausdruck, daher die Nichtübereinstimmung. Die Gewitter aus N und S haben die geringste Ausdehnung, jene aus W die grösste, sie werden von den zahlreichsten Stationen zugleich gemeldet. Die Ostgewitter sind auf der Südseite der Ostalpen relativ sehr häufig, das Verhältnis von W : E ist hier nur 3.6.

Verhältnis der Häufigkeit der lokalen Gewitter zu den Wirbelgewittern in den verschiedenen Monaten. Als Index dieses Verhältnisses hat Prohaska in ganz zweckmässiger Weise den Quotienten der Häufigkeit (S_2) der Gewitter während der 18 Stunden von 5^h abends bis 11^h vormittags zu jenen während der übrigen 6 Stunden 11^h a. — 5^h p. (S_1) angenommen. Im grossen Durchschnitt ist der mittlere Wert dieses Quotienten nahe gleich Eins, je mehr er diesen Wert überschreitet, desto häufiger sind die Wirbelgewitter gegenüber den Wärmegewittern. Als Resultat der vier Jahre 1885—88 ergiebt sich (S_1 = Summe des wärmsten Tagesviertels, S_2 Summe der übrigen drei Viertel).

	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Jahr
S_2	99	12	5	134	324	1615	5417	5502	7724	2834	589	252	24507
S_1	46	6	0	109	665	2938	6544	7159	4122	1317	166	49	23121
Quot.	2.15	2.00	—	1.23	0.49*	0.55	0.83	0.77	1.87	2.15	3.55	5.14	1.06

Im April und Mai treten die Wirbelgewitter am meisten zurück gegen die Wärmegewitter, ihre grösste relative Häufigkeit erlangen die Wirbelgewitter im Spätherbst. Das Übergewicht der letzteren zu dieser Jahreszeit wird sogar durch die Grösse des Quotienten $S_2 : S_1$ nicht genügend veranschaulicht, da in diesen Monaten auch die Gewitter zwischen 11^h a. m. und 5^h p. m. zumeist nicht mehr den Charakter der lokalen Sommergewitter haben.

Für Wien ist der Quotient $S_2 : S_1 = 0.72$, was sehr gut übereinstimmt mit dem vorwiegenden Charakter der Gewitter in Wien als lokaler Wärmegewitter.

Gewitterhäufigkeit in Beziehung zum mittleren Barometerstand. Zu dieser Untersuchung wurden 24475 Gewittermeldungen der Jahre 1885—87 verwendet und auf die Tagesabweichungen des Luftdruckes zu Klagenfurt bezogen.

Die Gewitter sind sonach im südlichen Ostalpengebiete am häufigsten an solchen Tagen, an welchen das Barometer dem normalen Stande am nächsten ist [1]), aber auch bei höherem Luftdrucke treten die Gewitter immer noch recht häufig auf, erst wenn die Abweichung den Betrag von 5 *mm* überschreitet, beginnt die Gewittertendenz entschieden abzunehmen. Der höchste Barometerstand, bei welchen noch Gewitter zur Beobachtung gekommen sind, entsprach einer Abweichung von 10.5 *mm* vom vieljährigen

---

[1]) Diesen Satz hat auch schon Dr. Prestel seinerzeit für Norddeutschland gefunden.

Digitized by Google

Mittel. Dagegen sind Gewitter bei einer Luftdruckabweichung von —5 bis —9 *mm* noch sehr häufig, und sie können auch bei den tiefsten Barometerständen noch zum Ausbruch kommen.

„Allgemeine Resultate. K. Prohaska konnte vielfach die Beobachtung machen, dass eine herannahende Depression zuerst durch die Bewegungsrichtung der untersten Wolken angezeigt wird.

Das Gebiet der österreichischen Südalpen ist verhältnismässig reich an Gewittern, die in der kälteren Jahreshälfte, insbesondere vom Oktober bis inklusive Dezember auftreten. Diese Gewitter werden durch Depressionen herbeigeführt, die sich zuerst in W-, oder SW-Europa zeigen. Taucht eine solche zuerst durch den entsprechenden Zug der Cirren angekündigte tiefere Depression über Westfrankreich auf, so stellt sich in den Ostalpen nach vorhergegangenen S-Winden, die sich jedoch hauptsächlich nur in den nach N öffnenden Querthälern bemerkbar machen, in der Region der Cumuli südwestlicher (SW—NE) Wolkenzug ein, der um so lebhafter ist, je höher gleichzeitig das Barometer über der Balkanhalbinsel steht. Die Regengüsse nehmen am Südabhange der Alpen ihren Anfang und dehnen sich bei Annäherung des Minimums gegen NE aus. Der südwestliche Wolkenzug dauert unverändert fort, wenn das Minimum ostwärts vorrückt und nun über dem Golf von Genua oder über der Poebene liegt. Kommt dann das Minimum über die nördliche Adria zu liegen, so dauert der Wolkenzug aus SW noch immer an, während der Regen noch aus diesen Wolken fällt; tritt nun zunächst E-Wind ein, dann erscheinen in einem tieferen Niveau einzelne zerrissene Wolken, die mit scheinbar grosser Geschwindigkeit ost-westlich (oder von SE nach NW) dahineilen; diese Wolken werden häufiger, verdichten sich und bilden bald eine zusammenhängende Wolkendecke, aus der nun heftige Güsse niedergehen, manchmal auch unter Gewittererscheinungen; die Niederschläge sind nun am Ostrand der Alpen am stärksten.

Zieht sodann das Minimum über Ungarn nach NE ab, so wird dessen geänderte Lage zuerst wieder durch den nach NW oder W umspringenden Unterwind angedeutet, es entwickelt sich dann unter Fortdauer der ostwestlich ziehenden Wolkendecke in tieferen Regionen neues Gewölk, das von NW nach SE zieht und in den Nordalpen die stärksten Niederschläge veranlasst, um bei Abnahme des Gradienten sich allmählich zu verlangsamen und zu zerteilen. Die Änderungen im Wolkenzug vollziehen sich nicht allmählich, sondern ziemlich unvermittelt, betreffen zuerst die untersten Schichten und dringen von da in immer höhere Regionen vor. Zuerst zeigt der geänderte Unterwind die veränderte Wetterlage an. Dann folgen die untersten Wolken, wogegen der früher in der unteren Region herrschende Wolkenzug wahrscheinlich infolge der Tendenz der Erhaltung des Bewegungszustandes in höheren Schichten noch fordauert. Da aber die

Digitized by Google

untersten Wolken doch nicht unter eine gewisse Höhe herabgehen, so ist es naheliegend, um diese Erscheinung zu erklären, eine allmähliche Hebung der Wolkenschichten anzunehmen. Ziehen die über Westfrankreich auftretenden Depressionen mit ihrem Zentrum in NW an unserem Gebiete vorüber, so entfällt selbstverständlich die östliche Strömung, und es stellt sich in den untersten Wolkenschichten unvermittelt westlicher bis nordwestlicher Wolkenzug ein, während wie früher in der Höhe unter dem Cirrus das Gewölk noch aus SW zieht. Der Unterwind also deutet, vorausgesetzt, dass er nicht lokal beeinflusst ist, wenn wir von der vorangehenden, die Lage der Depression verratenden Cirrenbewegung absehen, die sich vorbereitenden Änderungen der Witterung in der Regel zuerst an; es werden die untersten Luftschichten zuerst von der Wechselwirkung, die zwischen dem barometrischen Maximum und Minimum besteht, ergriffen, und so mag sich vielleicht auch die Thatsache erklären, die während des abnormalen Schneefalles am 28. September 1885 in der Schweiz zu beobachten war, dass nämlich die aus NW hereinbrechende Kälte an den Thalstationen früher als auf dem Säntisgipfel sich geltend machte".

Eine merkwürdige vertikale Bewegung der Luft unterhalb einer Gewitterwolke ist am 25. August 1889 gelegentlich einer Ballonfahrt bei Brüssel beobachtet worden[1]). Während dieser Fahrt kam von Brabant her ein Gewitter herauf, und der Ballon trieb vor demselben. Die Insassen sahen sich zeitweise in einer Art sphärischer Kalotte, Wolken stiegen und sanken rings um sie herum in Wirbelbewegung, und Bänder von Seidenpapier, die ausgeworfen wurden, beschrieben grosse Kreise, deren Mittelpunkt der Ballon war. Herr Godard zog die Klappe, und der Ballon begann, sich zu entleeren, die Hülle faltete sich augenscheinlich zusammen, aber der Ballon sank nicht, sondern stieg, gewissermassen wie angezogen von einer aufsteigenden Trombe. Nach 12 Minuten, in einer Höhe von 1200 *m*, leuchtete plötzlich ein Blitz, auf dem ein heftiger Donnerschlag folgte, und in demselben Augenblicke begann der Ballon zu sinken. Eine ähnliche Beobachtung machte der Führer des Ballons „Esperance", welcher ebenfalls trotz Ballastauswurfes stieg bis zur Höhe der Wolken, in denen er plötzlich zu fallen begann.

Über merkwürdige elektrische Erscheinungen in den Rocky Mountains hat G. H. Boehmer berichtet[2]). Derselbe war 1873 von dem Chef des Wetterbureaus der Vereinigten Staaten von Nordamerika dazu ausersehen, auf dem Gipfel des Pikes Peak in Kolorado eine meteorologische Station einzurichten. Dieser Gipfel ist etwa 14200 Fuss hoch, aber die Arbeiten be-

---

[1]) Ciel et Terre 1889. II. Nr. 13. p. 319.
[2]) Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien 1889.

Digitized by Google

gannen schon bei 6000 Fuss Höhe; denn es handelte sich zunächst um die Anlegung eines 15 Miles langen Weges, der sich vom Ausgange eines Tobels bei 6000 Fuss Erhebung an senkrechten Abhängen und steilen 1000 Fuss hohen Felswänden entlang in beschwerlichen kurzen Kurven bis zur Baumgrenze bei 11 000 Fuss empor zieht, von wo seine Steigung allmählich bis zu den letzten 2000 Fuss zunimmt, während letztere wiederum das Erklettern mit Umgehung eines alten tiefen Kraters beschwerlich machen. Wir übergehen die Mühseligkeiten, unter denen alles bis auf den Gipfel durch Pferde emporgetragen werden musste, und bemerken nur, dass man gleichzeitig für eine Telegraphenleitung von oben bis nach dem zwei Miles vom Fusse des Berges entlegenen Städtchen Kolorado Springs sorgte; eine Leitung, deren Batterie sich in diesem Orte in entsprechender Kraft und Wirksamkeit befand. Bis zu einer Höhe von etwa 8000 Fuss wurden die elektrischen Signale an beiden Endpunkten klar und deutlich wahrgenommen, obgleich es auffallend war, dass sie sich in der unteren Station weit kräftiger markierten. Das nahm mit der Höhe so zu, dass es trotz sorgfältiger Erdleitung immer schwieriger wurde, telegraphische Mitteilungen zu erhalten. „Bisweilen“, sagt der Verfasser, „konnten wir Kolorado Springs ganz deutlich hören, doch war es eine absolute Unmöglichkeit, den Strom zu unterbrechen. Dann fing nach vergeblichen Versuchen mit einem Male die Linie an zu arbeiten, und das Instrument (ein Klopfapparat) gab eine Anzahl wirr durch einander laufender Zeichen mit solcher Geschwindigkeit, dass selbst das geübteste Ohr nichts verstehen konnte. An der Baumgrenze, in einer Höhe von 11500 Fuss, hörten alle und jede Zeichen im Lager auf, während unsere Botschaften klar und deutlich am unteren Ende der Linie eintrafen.“ Verf. erklärt diese sonderbare Erscheinung folgendermassen: „Die Elektrizität verliess Kolorado Springs vom positiven Pole der Batterie, und so lässt sich annehmen, dass zu solchen Zeiten, zu denen von dort gesandte Zeichen im Lager unverständlich oder gar nicht empfangen wurden, die Atmosphäre stark negativ elektrisch war und den schwächeren voltaischen Strom teilweise oder ganz neutralisierte, während beim Hinuntersenden eine Verbindung der voltaischen und atmosphärischen Elektrizität stattfand, die beide negativ waren und so einen starken Strom erzeugten.“ Aber auch die erste Nacht, wo Verfasser als das erste und einzige Wesen auf dem Gipfel des Berges zubrachte, sollte ihm seltsam genug werden, als sich ein ziemlich heftiger Sturm mit leichtem Schneefalle einstellte. Derselbe war nämlich von einem lauten „Knistern und Knattern“ begleitet, und Boehmer empfand diese elektrische Erscheinung, als ob Tausende von Nadeln durch seine Haut drängen; Haar und Bart wurden elektrisch, während ihm selbst „unbeschreiblich seltsam“ zu Mute wurde. Auf allen metallischen Gegenständen zeigten sich violette Funken von $^1/_4$ Zoll Durchmesser und 2 Zoll

Digitized by Google

Länge; selbige verschwanden aber bei Berührung mit den Fingern, wogegen sie wieder erschienen, sobald die Finger hinweg gezogen waren, um nun sowohl an diesen, als auch an den Metallen, gleich Irrlichtern hin und her tanzend, wieder zu erscheinen. Kochgeschirr, Instrumente, selbst die Knöpfe am Sturmbande der Mütze des Beobachters wurden elektrisch, und das Knistern im Schnee verwandelte sich in ein eigentümlich singendes Geräusch, welches mit dem vermehrten oder verringerten Schneefalle in direkter Beziehung zu stehen schien. Mit dem Aufhören des Schneefalles verschwanden endlich diese Erscheinungen, von denen übrigens keinerlei Wärme ausging. Ein zweites Mal stellten sie sich ein, als einige Touristen den Gipfel des Berges besuchten, während ein Gewitter etwa 3000 Fuss niedriger wütete. Auch dann erschien das singende Geräusch wieder, und alle Personen wurden derart elektrisch, dass bei gegenseitiger Annäherung Funken von bedeutender Länge und gelb-violetter Färbung übersprangen. An den Pferden hoben sich die Schwanzhaare, und Papierschnitzel, welche Boehmer aus einer Entfernung von etwa 12 Fuss gegen sie warf, wurden von ihnen angezogen, um hängen zu bleiben. Nach Entladung des Gewitters hörten die Erscheinungen auf, wiederholten sich aber mit grösserer oder geringerer Intensität mehrfach während der nächsten 10—15 Minuten, solange das Gewitter dauerte. Überhaupt zeigten sie sich während des 14-jährigen Bestehens der Station (bis 1887) fast ohne Ausnahme, doch nur im Sommer, sobald Schnee oder leichter Hagel fiel. Eine der sonderbarsten Erscheinungen blieb die Launenhaftigkeit der telegraphischen Leitung auch nach ihrer Vollendung.

Tage lang war es bisweilen unmöglich, eine Mitteilung zu machen oder zu empfangen, obgleich kein Bruch in der Leitung stattgefunden hatte, und dann fing dieselbe plötzlich von selbst wieder zu arbeiten an. Zu anderer Zeit langten Telegramme an, aber es war unmöglich, den Strom zu unterbrechen, und wiederum konnte man von der Leitung keinerlei Gebrauch machen, „ausser sie wurde in den regulären Schluss Kolorado Springs-Denver einbezogen". Boehmer hat nun die auf elektrische Erscheinungen bezüglichen Beobachtungen vom Jahre 1873—1887 Jahr für Jahr mitgeteilt; es erhellt daraus nur eine Bestätigung des im Vorstehenden Gegebenen, aber in so verstärktem Grade, dass man es kaum für möglich halten möchte, in einer so elektrischen Atmosphäre Jahre lang zu leben, wie es doch die Bewohner dieser höchsten meteorologischen Station der Erde fertig brachten. Eines aber folgt aus den mitgeteilten Beobachtungen mit zwingender Gewalt: die Ansicht nämlich, dass diejenigen Recht haben, welche die atmosphärische Elektrizität aus der Reibung der Luft mit Schneekristallen herleiten. (?) Denn stets traten die fraglichen Erscheinungen nach Schnee- oder Hagelfalle ein, und es gehörte zu den gewöhnlichen Vorkommnissen auf der Station, dass nach

Digitized by Google

Schneestürmen die wollenen Unterkleider bei Berührung mit den Fingern Funken gaben. Mitunter steigerten sich diese Entladungen der Luft ausserhalb des Gebäudes zu förmlichen Knalleffekten, indem das unaufhörliche Knistern und Knattern die Luft wie mit Pistolenschüssen erfüllte, auch sonst vielfach scharfe Knalle gehört wurden. Blitzartige Entladungen traten in verschiedenster Art auf. So entlud sich am 7. Dezember **1873** ein Strom der Leitung etwa eine Stunde lang in Zwischenräumen von 2 bis 10 Minuten in 5 bis 6 fortgesetzten bleistift-dicken Strahlen Am 18. Juni **1874** passierten viele Blitze durch die Leitung ins Zimmer, obgleich ausserhalb eine Erdverbindung gemacht und die Leitung ausgeschaltet worden war. Am 24. Mai **1875** trat ein Hagelwetter ein, und alsbald füllten sich die Zimmer mit Elektrizität, deren Menge in direktem Einklange mit vermehrtem oder vermindertem Hagel stand, wobei lebhafte Funken den Blitzableiter übersprangen. Auch Kugelblitze müssen die Beobachter wohl erlebt haben; denn am 16. Juni **1876** sah ein Assistent einen „Feuerball“ mit Hinterlassung eines schwefeligen (? wohl ozonigen) Geruches durch den Speicher fahren, während er selbst einen Schlag empfing, der seine Glieder krampfhaft zusammen zog. Am 29. Juni 1879 passierte ein Strahl das Instrument der Leitung mit einem Lärme gleich dem eines Flintenschusses, Funken durch das ganze Zimmer werfend; ihm folgte momentan ein furchtbarer Donner, welcher den Beobachter so betäubte, dass er erst nach einiger Zeit den Vorgang begreifen konnte. Am 28. August **1879** schlug ein Blitz durch das Instrument mit einem Knalle und warf einen feurigen Ball durch das Zimmer gegen den Ofen. Das sind nur einige der Beobachtungen während der 14 Stationsjahre, aber sie reichen aus, um eine Vorstellung von der Menge der Elektrizität zu geben, welche auf Pikes Peak alljährlich bei Schnee und Hagel entwickelt wird. Das singende Geräusch ist auch von anderen Beobachtern auf Kolorado's Bergen wahrgenommen worden [1]).

Über sehr eigentümliche elektrische Erscheinungen auf dem Sonnblick berichtet Dr. Trabert [2]), der vom 12. Juli bis 8. August 1889 auf dem Gipfel dieses Berges (3097 *m* über dem Meere) sich aufgehalten hat. „Es waren dies“, sagt er, „Gewitter, bei welchen das Beobachtungshaus mitten in den Wolken steckte, und hierdurch gestalteten sich dieselben schon an und für sich zu höchst interessanten Ereignissen.

Der Eindruck, den sonst ein Gewitter in der Ebene macht, fehlt vollständig, man sieht keine dunklen Wolken herannahen, man hört nicht wie sonst schon lange vorher den Donner, man fühlt keine Gewitterschwüle und, wäre man nicht durch das Telephon vorbereitet, so würde man über den ersten intensiven

[1]) Natur 1889, p. 391. [2]) Meteorologische Zeitschrift 1889, p. 342.

Blitzschlag höchlichst überrascht sein. Das Telephon giebt aber schon zeitig morgens fast vollkommen verlässliche Anzeichen eines erst nachmittags eintretenden Gewitters. Während sonst vormittags nur ein ganz schwaches Knistern zu hören ist, ist letzteres nun schon um diese Zeit sehr deutlich vernehmbar und steigert sich von Stunde zu Stunde sehr oft zu einem so heftigen Krachen, dass ein Sprechen durch's Telephon zur Unmöglichkeit wird. Das Überspringen von Funken an den Blitzplatten, häufig auch von selbst erfolgendes unregelmässiges Läuten der Glocken giebt das Signal zum Ausschalten des Telephons. Das Haus hüllt sich in Nebel, und das Gewitter bricht los; Graupel- oder Hagelkörner schlagen an die Fenster, und meistens schlägt es in einen der Blitzableiter ein. Der Donner ist dabei, verglichen mit dem in der Ebene, äusserst schwach, dagegen wird nach dem Einschlagen des Blitzes das Haus so heftig geschüttelt, als ob ein Erdbeben stattfände.

Am 14. Juli erfolgte abends eine Entladung vollkommen ohne Donner. Als ich gerade am Fenster stand, ging eine riesige Feuersäule unmittelbar vor demselben nieder, begleitet von einem prasselnden Geräusch, etwa so, als ob etwas vom Dache herabgeschüttet würde.

Nach Aussage des Beobachters Peter Lechner kommt es jedoch auch vor — besonders im Hochsommer —, dass das Einschlagen des Blitzes mit einem sehr heftigen Krachen verbunden ist; es sind dies zweifellos Gewitter, bei denen die Wolken viel höher stehen als der Sonnblick, und der Blitz erst eine grössere Luftschicht zu durchschlagen hat.

Wie schon erwähnt, tritt gewöhnlich in Begleitung des Gewitters, vor, während oder nach demselben Elmsfeuer ein. Am häufigsten geht der Graupelfall allmählich in Schneefall über, und dann kann man fast sicher auf Elmsfeuer rechnen.

Seit durch die Versuche des Herrn A. v. Obermayer (Wiener Sitzungsberichte 1888, Abteilung II. 247) die wesentliche Verschiedenheit bei dem Ausströmen der positiven und der negativen Elektrizität klargelegt worden ist, war es interessant, ob auf Bergen auch negative Elmsfeuer beobachtet würden. Obermayer weist darauf hin (Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 30), dass nach den Schilderungen Peter's das am 17. Juni 1888 stattgefundene Elmsfeuer in solchen negativen Entladungen bestanden habe, und am 24. Juli 1888 haben Elster und Geitel um 3^h nachmittags bei unsichtbarem, aber durch das charakteristische Geräusch deutlich kennbarem Elmsfeuer das Potential der Luft positiv, also die ausströmende Elektrizität negativ gefunden. Ich hatte während meines Aufenthaltes nicht nur Gelegenheit, mehrmals negatives Elmsfeuer zu sehen, sondern sogar den Wechsel des positiven und negativen Elmsfeuers zu beobachten, und zwar jedesmal

Digitized by Google

während eines und desselben Gewitters am 13., 14., 26., 28. Juli und endlich am 2. August.

Besonders schön zeigte sich die Erscheinung am 2. August. Nach einem Gewitter, während es noch ein wenig regnete, trat negatives Elmsfeuer ein. Das Haus war nicht bloss an den Spitzen, sondern auch an den Wänden mit leuchtenden Punkten besetzt, der Blitzableiter, die eisernen Verankerungen des Hauses, das Schalenkreuz des Anemometers, alles leuchtete; die Fahnenstange war vollständig in Feuer eingehüllt. Wenn man etwas entfernt vom Hause Aufstellung nahm, leuchteten die Haare, die Spitzen des Schnurrbarts, der Hut, die Kleider, und wenn man die Finger ausstreckte, erschienen an jedem Finger (besonders wenn man sie früher im Schnee befeuchtet hatte) kleine Flämmchen, wobei man ein deutliches Brennen verspüren konnte. Gerade als die Entladungen am intensivsten waren, ging in nächster Nähe ein Blitz nieder, worauf die Erscheinung wie abgeschnitten endete. Bald darauf trat positives Elmsfeuer ein, und zwar wiederum so prächtig, wie dies die früheren Male nicht gewesen war.

Die Flämmchen an den Fingern, die beim negativen Elmsfeuer ganz kurz sind, so dass sie mehr den Eindruck leuchtender Punkte machen, werden beim positiven Elmsfeuer zu Büscheln von 8—10 *cm* Länge, die auf etwa 7 *mm* langen Stielen aufsitzen. (S. die Zeichnungen von positivem und negativem Elmsfeuer von Obermayer in der Meteorol. Zeitschrift 1888. p. 325.)

Vereinigte man die Entladungen in einen Knöchel des Fingers, so erzielte man schwach knatternde, violette Funken von etwa 17 *mm* Länge, die in breite, rötlichweisse Feuerbüschel von über 10 *cm* Länge übergingen. Ihr Öffnungswinkel betrug mehr als 90°.

Überhaupt scheinen sich die Büschel an abgerundeten Ecken, wie etwa am Fingerknöchel, viel schöner zu entwickeln als an scharfen Spitzen. An einer Messerspitze zeigte sich zwar intensives Ausströmen der Elektrizität, aber die Lichterscheinung war sehr schwach.

Einen ganz besonders schönen Anblick gewährte es, wenn man einen Blick auf den Abgrund im Norden hinab warf, wo auf jeder Felsenspitze ein solches Lichtbüschel aufsass, in erhöhtem Masse dort, wo gerade der Wind gegen die Felsen wehte. Einen höchst eigentümlichen Anblick bot auch ein auf dem Sonnblicke angekommener Tourist, ein Herr mit etwas in die Höhe stehenden Haaren, um dessen Kopf sich ein vollständiger, mehrere Zentimeter breiter Heiligenschein entwickelte, der um so intensiver wurde, je feuchter — es regnete etwas — die Haare wurden. Der betreffende Herr, der ziemlich lange ausserhalb des Hauses verweilte, hatte übrigens später durch Kopfweh dafür zu büssen. Boehmer berichtet in seinen Schilderungen der Elmsfeuer auf dem

Pikes Peak[1]), dass man überhaupt nach Elmsfeuer eine gewisse Ermattung verspüre, und das gleiche behaupten sowohl Peter, als auch Rojacher. Ich konnte davon nichts bemerken.

Ausser den schon erwähnten Elmsfeuern, bei denen ich, wie schon hervorgehoben wurde, mitunter sogar mehrmals auf einander folgend den Wechsel von positiven und negativen Entladungen beobachten konnte, trat noch am 18. Juli nachmittags Elmsfeuer ein, bei welchem das Sausen des Blitzableiters so heftig war, dass man es im Zimmer vernehmen konnte. Ein zweites Elmsfeuer am Tage beobachtete ich auf einem Spaziergange zum Zirmsee, den ich während eines Gewitters mit heftigem Schneefalle in Begleitung von Peter unternahm, wo die Bergstöcke deutlich zu summen anfingen. Auch im Telephon macht sich das Elmsfeuer durch ein ganz charakteristisches Geräusch — von Boehmer als „Singen im Draht" bezeichnet — bemerkbar.

Bei den elektrischen Erscheinungen am 2. August, von denen man wohl mit Fug und Recht behaupten darf, dass sie den in den Rocky Mountains beobachteten, wie sie von Boehmer geschildert wurden, an Pracht nicht im mindesten nachstehen, darf auch der Umstand nicht unerwähnt bleiben, dass mit dem Zeichenwechsel des Elmsfeuers auch ein Wechsel in der Farbe der Blitze einzutreten schien. Während des Gewitters erschienen die Blitze nämlich deutlich rot, als dann das negative Elmsfeuer eintrat, wurden sie so intensiv blau, wie ich sie noch nie gesehen habe, und später, als die Entladungen positiv waren, waren auch die Blitze wieder rot wie früher."

Die Struktur des Blitzes ist in den letzten Jahren wiederholt mittels der Photographie untersucht worden. Es hat sich dabei herausgestellt, dass die Bahn des Blitzes sich als Ast- oder als Wurzelsystem mit zahlreichen freien Verzweigungen darstellt. Es fand sich aber auch, dass in nicht wenigen Fällen Bilder des Blitzes erhalten wurden, die diesen als aus zwei völlig parallel verlaufender Linien darstellten, von denen meist die eine viel stärker oder heller ist als die andere. W. Prinz in Brüssel hat auch bei der photographischen Aufnahme, während eines heftigen Gewitters, das am 25. Juni zwischen 9^h und 10^h in eine 1700 *m* vom Observatorium entfernte Kirche einschlug und dann über das Observatorium fortzog, mehrere Bilder erhalten, welche diese gleichen Eigentümlichkeiten zeigten. Was den Parallelismus der Linien betrifft, so konnte man besonders nach den Erfahrungen bei Entladungen von Maschinenfunken an eine Neigung zum parallelen Verlauf der Blitzentladungen denken. Aber es musste auffallen, dass auch bei sehr langen Bahnen die Linien gleich lang und genau parallel zu einander blieben, dass in der Regel

[1]) Wien. Ber. 1888. II. p. 638.

das sekundäre Bild schwächer war, wenn auch gleich starke angetroffen werden, und dass manchmal drei und vier genau parallele Linien abgebildet waren. Prinz ist indessen der Meinung, dass diese Verdoppelungen nur herrühren von Spiegelungen an der Rückseite der empfindlichen Platte und in den Linsen, und vor allem von einer Ungenauigkeit der Einstellung. Wenn es auch schwierig sein mag, diese Erklärung experimentell zu erweisen, so spricht doch sehr zu ihren Gunsten die Thatsache, dass die Blitze unter den verschiedensten Bedingungen stets dieselben Eigentümlichkeiten zeigen, und die Unwahrscheinlichkeit, dass alle sekundären Linien stets in einer zur ersten parallelen Ebene und stets an derselben Seite der Hauptlinie erscheinen sollten. Einzelne Bilder, welche Nebenlinien zeigten, die unabhängig von der Hauptlinie zu sein schienen, lieferten sogar direkt den Beweis, dass es sich um eine Verschiebung des Bildes handelte.

Das St. Elmsfeuer gehört zu den auf dem Lande ziemlich selten auftretenden oder doch beobachteten Erscheinungen, während es den Seefahrern besser bekannt ist. Schon die Alten wussten, dass diese blassen, elektrischen Flämmchen sich nicht selten auf den Masten der Schiffe zeigen, und man glaubte bei ihrem Erscheinen an die Nähe der in Seegefahr hülfreichen Dioskuren Castor und Pollux. Eine Untersuchung über die Häufigkeit des Auftretens von St. Elmsfeuern auf See hat H. Haltermann ausgeführt, indem er sich auf die Aufzeichnungen einer grossen Anzahl von Segelschiff-Journalen stützte[1]). „Während der 800 Monate Beobachtungszeit, welche jene Segelschiff-Journale der Jahre 1884 und 1885, in denen von St. Elmsfeuern überhaupt berichtet wird, enthalten, wurden nicht weniger als 156 einzelne Fälle beobachtet. Dieselben verteilen sich ungleichmässig über die nördliche und südliche Hälfte der Erde. Während 323 Monaten Beobachtungszeit in nördlicher Breite wurde 85 mal das St. Elmsfeuer beobachtet, während in 477 Monaten Aufenthalt in südlicher Breite nur 71 Fälle desselben angetroffen wurden. Es ergiebt sich daraus ein Verhältnis von 26 zu 100 für Nordbreite, gegen 15 zu 100 für Südbreite. Wieviel zu diesem grossen Unterschiede die in den verschiedenen Erdhälften abweichend, hier häufiger, dort seltener, in stürmischen Breiten verlaufenden Reiserouten der Schiffe beitragen, ist auch nur annähernd zu bestimmen unmöglich. — Das Verhältnis stimmt aber sonst zu der Thatsache des Vorwaltens des Stillengürtels, des Vorkommens des Golfstroms und des Kuro Siwo, wie besonders der grösseren Häufigkeit winterlicher Stürme in nördlicher Breite, gegenüber denselben Erscheinungen auf der südlichen Erdhälfte.

Wenn zwischen den in manchen polwärts vom Passatgebiet gelegenen Meeresteilen, im Winter weit häufiger als im Sommer,

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1890. p. 73.

Klein, Jahrbuch I. Tafel VI.

Der Bishop'sche Ring, gezeichnet
zu Palermo von A. Ricco am 31. März 1884.

Digitized by Google

im Bereiche von Depressionen auftretenden Gewittern, und den zur Sommerszeit im Golfstrom, in der Nähe tropischer Küsten, wie im Stillengürtel sich anzeigenden, meist rasch vorüberziehenden Gewittern zu unterscheiden ist, so scheint dieses bis zu einem gewissen Grade auch für die St. Elmsfeuer zu gelten. Denn wenn auch diese Erscheinung sich sowohl beim orkanartigen Sturme, in stürmischen, das Ausschiessen des Windes begleitenden Böen, wie während der leichten von vielen Gewittern begleiteten Mallung des Stillengürtels zeigt, so macht sich die Jahreszeit im Auftreten des St. Elmsfeuers doch derart deutlich bemerkbar, dass z. B. in dem nördlich vom Wendekreis gelegenen Teil des Atlantik, dem im Winter wohl stürmischsten Meere der Erde, von 63 dort beobachteten Elmsfeuern 49 in die Monate November bis April und nur 14 in die andere Jahreshälfte fallen. Blitz und Donner sind überall in solchem Grade die Begleiter des St. Elmsfeuers, dass unter den 156 angeführten Fällen sich nur 27 befinden, in denen jene nicht beobachtet wurden. Noch häufigere Begleiter des St. Elmsfeuers, als diese elektrischen Erscheinungen, sind aber Niederschläge. Es ist dieses in solchem Grade der Fall, dass sich unter den 156 Fällen nur 6 befinden, bei denen nicht über Niederschläge irgend welcher Art berichtet wird. Und von diesen wenigen Fällen erscheint es noch dazu nicht unwahrscheinlich, dass das Fehlen einer solchen Angabe nur auf Versehen zurückzuführen ist Unter den Niederschlägen scheinen endlich der Bildung der St. Elmsfeuer die bei starkem Winde stattfindenden Schnee- und Hagelschauer besonders günstig zu sein. Wie am Lande eine stürmische Schneeböe nicht selten von einzelnen Blitz- und Donnerschlägen begleitet wird, so bringen die betreffenden Journale für ähnliche Fälle wiederholt Berichte über das Vorkommen von St Elmsfeuern. In Übereinstimmung mit der Thatsache, dass in der kälteren Temperatur höherer Breiten die Gewitterbildung eine seltenere ist, wird bei Schnee- und Hagelfällen, und zwar besonders bei ersteren, wohl oft das St. Elmsfeuer, aber nur verhältnismässig selten Blitz und Donner bemerkt. Es zeigt sich dieses in solchem Masse, dass unter den 133 Fällen, in denen das St. Elmsfeuer von Regen begleitet auftrat, sich nur 15 befinden, in denen nicht gleichzeitig Blitz oder Donner beobachtet wurde; unter 32 bei Hagelfall stattfindenden St. Elmsfeuern 18 nicht von Blitz oder Donner begleitet waren, dagegen von den 14 sich bei Schneeschauern zeigenden St. Elmsfeuern 12 nicht in Begleitung von Blitz oder Donner auftraten.

Was den Wind anbetrifft, so scheint die Stärke desselben von keinem massgebenden Einfluss auf die Bildung des St. Elmsfeuers zu sein. Es finden sich in der Tabelle genügend Beispiele vom Auftreten des letzteren bei orkanartigem Sturme, wie bei mässigem Winde, bis zum leisen Zuge und der Stille herab. Wie sonst an sich weder ein hoher, noch ein niedriger Luftdruck von

grossem Einfluss auf die Bildung des St. Elmsfeuers zu sein scheint, so ist dem Anscheine nach auch eine grosse oder geringe Luftwärme nicht massgebend für dieselbe.

Untersucht man, in wie weit das Vorkommen der St. Elmsfeuer für verschiedene Teile der Ozeane ein verschieden häufiges ist, so zeigt sich zunächst deutlich der Einfluss, den das Fehlen des Stillengürtels in südlicher Breite des Atlantischen Ozeans ausübt. Das Gebiet des Passats scheint, wenn derselbe beständig weht, überall frei von St. Elmsfeuern zu sein. Günstig für die Bildung desselben erscheint der Meeresteil, welcher polwärts von 30° Breite beginnt, und hier besonders die westliche Hälfte der Meere. Dass dieses der Fall ist, wird durch die dort herrschenden warmen Meeresströmungen, welche der Bildung von jeder Art elektrischer Erscheinung, wie dem Entstehen von Depressionen, so überaus günstig sind, leicht erklärt.

Fasst man alle Angaben zusammen, so scheint sich zu ergeben, dass die Entstehung des St. Elmsfeuers wahrscheinlich denselben Ursachen zuzuschreiben ist, aus welchen Blitz und Donner entstehen, und dass Landbewohner es vielleicht nur deshalb nicht häufiger erblicken, weil die am Lande in so grosser Zahl in die Luft emporragenden Gegenstände die sich ansammelnde Elektrizität leichter ableiten können, sowie auch, weil der Landbewohner in der Nacht, bei Gewitter und Regen unter Dach und Fach zu sein pflegt, und wenn er doch einmal bei solcher Gelegenheit draussen ist, gewiss nicht sein Augenmerk auf die Spitzen hochragender Gegenstände richtet."

Das Nordlicht ist noch immer eine Erscheinung, welche in mannigfacher Beziehung ausserordentlich geheimnisvoll bleibt, wenngleich gegenwärtig die kosmische Natur desselben kaum noch ernstlich behauptet werden kann. Neuerdings hat A. Paulsen bemerkenswerte Beiträge zur genaueren Kenntnis dieser Erscheinung veröffentlicht [1]). Er schliesst aus den verschiedenen Angaben über die Höhe von Polarlichtern, dass ein solches in der gemässigten Zone nur in den oberen Schichten der Atmosphäre erscheint: denn wenn auch seine Höhe über dem Boden sehr veränderlich sein kann, so zeigen die Messungen doch, dass hier die kleinsten Werte nicht unter 100 bis 200 *km* heruntergehen. In der eigentlichen Zone der Polarlichter hingegen zeigt sich die Erscheinung gewöhnlich in niedrigeren Schichten, aber obwohl sie zuweilen in geringem Abstande über dem Erdboden auftreten kann, ist sie gleichwohl in der Regel auf grosse Höhen oberhalb der oberen Wolken begrenzt.

Höhenmessungen zwischen den Stationen Bossekop und Koutokeino ergaben nach Tromholt eine durchschnittliche Höhe

[1]) Danske Videnskab. Selskabs Forhandl. 1889. p. 67. Ausführliches Referat in der Naturw. Rundschau 1889. p. 49.

von 100 *km*. Zu Godthaab hat Paulsen ähnliche Beobachtungen organisiert, an zwei Stationen zu beiden Seiten des Fjords in einem Abstande von 5800 *m*. Dieselben ergaben für die Höhe des Nordlichtbogens Werte zwischen 0.6 und 67.8 *km* über dem Boden. Aus den Messungen ergaben sich auch Anhaltspunkte für die Geschwindigkeit der Bewegung der Polarlichtbogen im Sinne des magnetischen Meridians. Die Zahlen lehren, dass die Vorhänge der Polarlichter eine hin- und hergehende Bewegung besassen, und dass die Geschwindigkeit in einer zu ihrer Ausbreitungsebene senkrechten Richtung 2,5 bis 3 *km* in der Minute, oder 40 bis 50 *m* in der Sekunde nicht überstiegen habe, was der Windgeschwindigkeit während eines Orkans entspricht.

Paulsen sah während seines Aufenthaltes in Godthaab zweimal Nordlichtschleier vom magnetischen Süden herankommen und mit grosser Geschwindigkeit über sich wegziehen. Diese Formen des Polarlichtes waren so schmal, dass beim Durchgang des unteren Bandes durch das Zenith gleichzeitig Teile ihrer südlichen und nördlichen Fläche gesehen wurden.

Paulsen schliesst aus seinen Beobachtungen und Messungen, dass in einer bestimmten Zone, welche das südliche Grönland in einer Breite von mindestens vier Breitengraden durchzieht, das Feld, in welchem die Polarlichter sich bilden können, von den höchsten Gebieten der Atmosphäre bis zur Oberfläche des Bodens sich erstreckt.

Die Berichte aus den anderen internationalen Stationen: Fort Rae, Jan Mayen und Spitzbergen zeigen, dass auch dort Erscheinungen beobachtet wurden, welche beweisen, dass die Höhe des Polarlichtes zuweilen eine sehr geringe sein kann. In Spitzbergen hat Carlheim-Gyllenskjöld von einer Basislinie von 572.6 *m* Höhenmessungen am 3. Februar, 3. und 8. März 1883 ausgeführt und Werte gefunden, welche zwischen 0.6 und 29.2 *km* variieren. Das Resultat ist somit hier das gleiche wie in Grönland. In der Zone, wo die Nordlichter am häufigsten sind und die grösste Mannigfaltigkeit der Formen darbieten, entstehen diese Erscheinungen in der Regel in jeder beliebigen Höhe über der Erdoberfläche.

In Betreff der Verteilung der Polarlichter in der Atmosphäre muss jedoch betont werden, dass die grossen Polarlichtmassen nicht bis zur Oberfläche der Erde hinabsteigen können, selbst nicht in der eigentlichen Zone der Polarlichter. Vielmehr sind es stets nur Strahlen, Bänder, Schleier, welche sich bis tief hinab erstrecken; alle Beobachtungen niedriger Polarlichterscheinungen beziehen sich auf solche dünne, beschränkte Massen, die in gar keinem Vergleiche stehen zu den enormen Massen des Polarlichtes in den oberen Regionen der Atmosphäre.

Die Thatsache, dass in der eigentlichen Zone der Polarlichter die Erscheinungen in jeder beliebigen Höhe über der

Erdoberfläche erscheinen können, während sie in den gemässigten Zonen auf die oberen Schichten der Atmosphäre beschränkt sind, steht nach der Ansicht Paulsen's im Einklang mit Edlund's Theorie über den Ursprung der Polarlichter, nach welcher dieselben eine unipolare Induktionserscheinung sind: Der Magnetismus der Erde erzeugt infolge der Rotation des Erdkörpers eine elektrische Potentialdifferenz, die oberen Schichten der Atmosphäre werden positiv, die Erdoberfläche negativ geladen. Da nun die Induktion, welche diese Potentialdifferenz erzeugt, stets senkrecht zur Richtung der Inklinationsnadel wirkt, muss die positive Elektrizität am Äquator in die höchsten Regionen der Atmosphäre dringen, während sie nach den Gegenden der magnetischen Erdpole hin immer mehr sich zur Erde senkt. Der durch die Beobachtung konstatierte Unterschied im Auftreten der Polarlichter in den gemässigten und in den polaren Zonen stimmt also vollständig mit dieser Theorie.

Noch andere Thatsachen scheinen mit der Edlund'schen Theorie in Übereinstimmung zu sein. Weyprecht hat bemerkt, dass das Jahresmaximum der Polarlichter in der eigentlichen Polarlichtzone auf das Wintersolstitium fällt, in den gemässigten Zonen hingegen fällt auf diese Zeit ein Minimum. Diese Beobachtung wird durch die langjährigen Beobachtungsreihen aus Grönland voll bestätigt; letztere ergeben ferner, dass die Polarlichter in Grönland ein Minimum der Häufigkeit zur Zeit des Maximums der Sonnenflecke und umgekehrt ein Maximum der Häufigkeit beim Sonnenfleckenminimum zeigen.

Den Gegensatz zwischen den Epochen der Maxima und Minima der Nordlichter in den arktischen und gemässigten Zonen hatte Weyprecht durch die Annahme erklärt, dass die Zone der Maxima sich nach Norden verschiebe im Wintersolstitium und nach Süden in den Äquinoktien. Diese ziemlich allgemein gebilligte Annahme scheint jedoch Paulsen in keiner Weise gerechtfertigt. Wenn eine solche Verschiebung der Zone der Maxima wirklich stattfände, so wäre es leicht, sie zu konstatieren. Wenn die Zone der Maxima vom Äquinoktium zum Solstitium sich dem Norden näherte, so müsste die Mittellinie dieser Zone sich im Süden von allen Orten finden, für welche die Häufigkeit vom Herbstäquinoktium zum Wintersolstitium wächst. Das südliche Grönland und die übrigen Orte mit einem Maximum im Wintersolstitium müssten daher zu allen übrigen Jahreszeiten im Norden von der Zone der Maxima gelegen sein. Dies spricht jedoch gegen jede Erfahrung, und da auch keine sicher erwiesene Thatsache für die Existenz einer solchen Wanderung der Zone der Maxima spricht, glaubt Paulsen, den Gegensatz zwischen den Epochen grösster Häufigkeit in den gemässigten und den arktischen Zonen sachgemässer, wie folgt, bezeichnen zu können: „Eine stärkere Entwickelung der Nordlichterscheinungen in den ge-

mässigten Gegenden verlangsamt die Polarlichtthätigkeit in der eigentlichen Polarlichtzone, ohne dass diese letztere aufhörte, die Zone zu sein, in welcher die Nordlichter am häufigsten erscheinen und ihren grössten Formenreichtum entfalten."

Diese Thatsache stimmt mit der Edlund'schen Theorie vollständig[1])

Eine 26-tägige Periode der Nordlichthäufigkeit glaubt J. Liznar nachweisen zu können[2]), und zwar hängt dieselbe nach seiner Ansicht mit der Rotation der Sonne zusammen. Er benutzte zu seiner Untersuchung die Beobachtungen zu Bossekop, Jan Mayen und Fort Rae, die übereinstimmend als Wert der Periode nahezu 26.4 Tage lieferten.

Der Anschluss der Blitzableiter an die Gas- und Wasserleitungen ist eine Frage, die in wissenschaftlichen Kreisen wohl als entschieden betrachtet werden kann, die aber seitens der Techniker noch keineswegs in diesem Sinne behandelt wird. Der für die Blitzableiterfrage gebildete Unterausschuss des Elektrotechnischen Vereins zu Berlin hat bekanntlich am 24. Januar 1889 den Entscheid gegeben: „dass der Anschluss der Blitzableiter an die Gas- und Wasserleitungen für letztere nicht nur keine Gefahr bringt, sondern dass vielmehr im Falle der Unterlassung eines solchen Anschlusses eben jene Leitungen gerade so wie bei Abwesenheit eines Blitzableiters direkt gefährdet sind. Demnach ist unbedingt zu fordern, dass Blitzableiter mit den in demselben Hause vorhandenen Gas- und Wasserleitungen metallisch verbunden werden. Dieser Anschluss hat an einer geeigneten Stelle vor dem Eintritt der Gas- und Wasserröhren in die Hauptmesser zu erfolgen."

Es scheint nun, dass die Grundlagen, auf welchen dieser Entscheid ruht, den eine Anzahl unserer bedeutendsten Physiker gegeben hat, in den Kreisen der Gas- und Wasserfachleute nicht genügend bekannt oder doch gewürdigt worden sind. Daher ist es angezeigt, auf die Erwägungen zurückzugreifen, welche zu jenem Schlusse führten, und welche jüngst Professor Bernhard Weber in Breslau veröffentlicht hat[3]). Was zunächst die durch Wasser- und Gasröhren bedingte Blitzgefahr der Gebäude betrifft, so sagt derselbe: „Die im Erdreich ausgebreiteten und vielfach verzweigten Systeme der Wasser- und Gasleitungsröhren stehen in der Regel in ausserordentlich inniger Verbindung mit den grossen zusammenhängenden Leitermassen der Erde. Sobald ein einschlagender Blitz an irgend einer Stelle die Wasser- oder Gasröhren erreicht, findet er auf seiner in allen Fällen nach jenen grossen Leitermassen gerichteten Bahn kein wesentliches Hindernis vor; jedenfalls lenken

---

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1889. Nr. 49.

[2]) Sitzungsber. der k. k. Akad. in Wien. Mathemat.-naturw. Klasse. 97. Abt. IIa. Oktober 1888. Wochenschr. f. Astron. u. Meteorol. 1889. Nr. 6.

[3]) Wochenschrift f. Astronomie u. Meteorologie 1889. Nr. 46 u. 47.

Wasser- und Gasröhren die Bahn des Blitzes auf sich zu. Dies tritt um so energischer ein, je mehr gleichzeitig die letzten Verzweigungen der Röhren an die hervorragenden Punkte der Erdoberfläche heranreichen, je weiter also diese Röhren in die oberen Stockwerke der Gebäude hinaufgeführt sind. Ein Gebäude mit Wasser- und Gasleitung ist sonach der Gefahr ausgesetzt, dass der Blitz, die äusseren Mauern oder das Dach durchbrechend in die genannten Röhren einschlägt. Diese Gefahr bleibt auch dann vorhanden, wenn der unmittelbare metallische Zusammenhang der Röhren durch schlecht leitende Dichtungsmittel unterbrochen ist. Denn solche in der Regel nur einige Millimeter dicke Zwischenschichten werden vom Blitze leicht durchschlagen und beeinflussen die gesamte Bahn desselben nur unmerklich. Es kommt vielmehr in diesen Fällen nur noch die neue, mit der Funkenbildung an den Unterbrechungsstellen etwa verbundene und im Innern der Gebäude unter Umständen nicht unerhebliche Gefahr zu der früheren hinzu".

Die eigene Gefährdung der Wasser- und Gasröhren kann in dreierlei Weisen auftreten: 1. „An der Einschlagstelle des Blitzes in die Röhren; liegt diese Stelle frei in der Luft zutage, so beschränkt sich die zerstörende Wirkung des Blitzes meist auf kleine, unerhebliche Schmelzungen. Bei dünnen Gasröhren kann an solchen Stellen eine Entzündung des Gases eintreten. Wenn die Einschlagstelle im Wasser, im Erdreich oder innerhalb einer Mauer liegt, so tritt eine viel bedeutendere mechanische Zerstörung ein, wie das durch neuere Versuche von Töpler experimentell dargethan ist. Diese mechanische Zerstörung der im Erdreich liegenden Röhren kann unter Umständen sehr beträchtlichen Schaden verursachen, nämlich dann, wenn durch Verzweigung im Erdreiche der Blitz gleichzeitig an mehreren Punkten oder längs grösserer Strecken in die Röhren einschlägt. 2. Beim Überspringen der aus schlecht leitendem Material hergestellten Dichtungsstellen. Diese Gefährdung kann mechanische Zerreissungen der Röhren bewirken. Eine Zündung des Gases ist jedoch nicht wahrscheinlich, wenn die Dichtungsstellen im Erdreich liegen, da selbst explosible Gasgemische durch Funkenbildung nicht entzündet werden, solange sie keine grösseren Hohlräume ausfüllen. Liegen diese Dichtungsstellen, zu denen auch die im Hause gelegenen Gasmesser gehören, in der Luft, so kann Zündung eintreten. 3. Bei leitender Fortführung des Blitzes längs der Röhren. Diese durch Erhitzung und Schmelzung des durchflossenen Leiters bedingte Gefährdung ist eine sehr geringe. Erfahrungsgemäss kommt dieselbe nur bei den dünneren und aus Blei verfertigten Röhren vor".

Die künstlich angelegten Blitzableiter können naturgemäss nur mit Erdplatten versehen werden, welche in Bezug auf Grösse der Fläche und innige Berührung mit den Leitermassen der Erde nur verschwindend klein und wenig wirksam erscheinen neben dem gewaltigen Netze der Wasser- und Gasröhren. Sobald deshalb

irgend ein Ausläufer dieser Röhrensysteme in der Nähe eines Blitzableiters liegt, erhält der in den letzteren einschlagende Blitz die Neigung, auf jene Röhren überzugehen. Dass dies wirklich der Fall, wird durch viele Beispiele bewiesen. Hierhin gehört z. B. der Blitzschlag, welcher am 4. August 1880 vom Ableiter der Nikolaikirche in Flensburg auf die Gasleitung des an der Kirche liegenden Schulhauses übersprang; der Blitzschlag, der 1877 vom Ableiter der Kirche in Itzehoe mit Durchbrechung einer $^1/_2$ *m* dicken Mauer auf die Gasleitung überschlug; der Blitzschlag zu Alatri 1871, welcher einen 10 *m* langen, $^3/_4$ *m* tiefen Graben aufwarf, um vom Ableiter auf die Wasserleitung zu gelangen, und viele andere. Aus Versuchen von Töpler ergiebt sich, dass selbst von Blitzableitern mit den ausgezeichnetsten Erdleitungen sehr beträchtliche Seitenentladungen auf benachbarte Wasser- oder Gasröhren übergehen können. „Nur in einem sehr grossen, viele Meter betragenden Abstande zwischen Röhren und Blitzableiter würde ein Schutz gegen solches Überschlagen zu suchen sein, wenn gleichzeitig vorausgesetzt werden könnte, dass innerhalb dieses trennenden Raumes keinerlei, auch nur vorübergehend angebrachte und auch nur mässig leitende Gegenstände vorhanden sind. Es liegt aber auf der Hand, dass innerhalb bewohnter Gebäude eine derartige Voraussetzung nur in den seltensten Fällen gemacht werden kann, da jeder gewöhnliche Klingelzug, jede Goldleiste u. s. w. unkontrollierbare Brücken und Verbindungsglieder zwischen Blitzableiter und Röhren bilden können“. Mit Recht wird ausdrücklich in den Erwägungen hervorgehoben, dass die Komplikation der in einem Gebäude vorhandenen Wasser- und Gasröhren mit einem mit letzteren nicht metallisch verbundenen Blitzableiter allgemein als eine künstlich geschaffene Blitzgefährdung desjenigen Gebäudeteiles erscheint, welcher zwischen Blitzableiter und Röhren liegt, sowie auch der Röhren selbst. Diese Folgerung liegt so klar auf der Hand, dass ein ernstlicher Einwand dagegen gar nicht erhoben werden kann. Ebenso klar ist der Weg vorgezeichnet, um diese Gefahr zu beseitigen. „Verbindet man den Blitzableiter durch eine kontinuierliche metallische Leitung mit denjenigen Teilen der Wasser- und Gasröhren, welche selber ohne Unterbrechungsstellen mit dem ganzen Netze der Röhren in Verbindung stehen, so ist hierdurch jegliche Gefahr beseitigt. Fälle, in denen bei solcher Verbindung Schaden entstanden sei, sind bisher nicht bekannt geworden“. Nun muss man allerdings zugeben, dass die Bedingung der lückenlosen Verbindung der Gas- und Wasserröhren eines Gebäudes mit den übrigen Teilen des Systems ausnahmsweise auch nicht erfüllt wird. Dies wird der Fall sein, wenn entweder die in der Strasse liegenden Röhren mit Nichtleitern gedichtet sind, oder wenn der Anschluss an einen nur mit Kitt gedichteten Teil der Röhren im Gebäude gemacht ist, oder wenn, zum Behufe von Reparaturen,

die Röhrenleitung unterbrochen wird. „Allein auch in diesem Falle“, heisst es in den Verhandlungen, „wird der wesentlichste Teil der überhaupt in Betracht kommenden Gefahr, nämlich der mit Durchbrechung der Mauern und Bedrohung von Personen verbundene Überschlag vom Blitzableiter auf die Wasser- oder Gasröhren, beseitigt sein. Es verbleiben die beim Überspringen der Lücken und Dichtungsstellen etwa vorhandenen Gefahren für die Rohrleitung. Allein es sind dies dieselben Gefahren, welche auch vorhanden sein würden, wenn die metallische Verbindung zwischen Blitzableiter und Röhren nicht hergestellt worden wäre, und dieselben sind überdies auch noch zu vermeiden, wenn an den Dichtungsstellen der Röhren für metallische Kontinuität gesorgt wird. Durch den Anschluss des Blitzableiters an die Wasser- und Gasröhren verschwindet daher in den meisten Fällen jegliche Gefahr, und in keinem Falle wird eine wesentliche Vermehrung der ohne den Anschluss bestehenden Gefahr bewirkt“.

Der Ausschuss hebt noch hervor, dass es notwendig sei, gleichzeitig beide Systeme, die Wasser- sowohl wie die Gasleitung, anzuschliessen, um Seitenentladungen zu verhindern.

Die von Seiten der Wasser- und Gastechniker gegen den Anschluss erhobenen Einwände gehen in erster Linie dahin, dass häufig Unterbrechungen der metallischen Kontinuität der Röhren, insbesondere der Gasröhren und zur Zeit von Reparaturen, vorhanden seien, und dass es wegen der an diesen Stellen auftretenden Blitzgefährdungen teils der Röhren, teils der mit den Reparaturen beschäftigten Arbeiter unzulässig sei, dem Blitze durch Anschluss des Blitzableiters an die Röhren den Weg zu letzteren zu erleichtern.

Diesen Einwand widerlegt die Kommission mit dem Hinweis darauf, dass eine sichere Fernhaltung der Blitzableiter von den Röhren sich ohne Beeinträchtigung der freien Hantierung mit Metallgegenständen innerhalb bewohnter Räume nicht durchführen lässt, und dass ferner die befürchteten Blitzwirkungen auch ohne den Anschluss stattfinden werden, da in Rohrleitungen, deren Teile nicht in kontinuierlicher metallischer Verbindung stehen, ohne Zweifel auch ohne den Anschluss an Blitzableiter Funkenbildungen entstehen können, wenn irgendwo in der Nähe der Blitz einschlägt. „Aber selbst wenn man zugeben müsste, dass durch Unterlassung des Anschlusses der Blitzableiter ein geringe Verminderung dieser Unzuträglichkeiten stattfinde, so ist doch andererseits zu erwägen, dass mit dieser geringen Verminderung einer ohnehin geringfügigen Gefahr eine sehr beträchtliche Gefahr für die Gebäude und die in ihnen befindlichen Personen geschaffen wird, um deren Beseitigung es sich doch in erster Linie handelt bei den hier überhaupt in Frage kommenden, für das Wohlbefinden und die Sicherheit des Publikums geschaffenen technischen Einrichtungen“.

Ein anderer von Seiten des Gas- und Wasserfachmänner gemachter Einwand ist, dass die durch den Anschluss der Blitzableiter bedingten häufigen Erdarbeiten eine Störung in der sicheren Funktionierung dieser Rohrleitungen und der durch diese dem Publikum erwachsenden Vorteile hervorrufen könnten. Dem gegenüber bemerkt die Kommission: „Wäre dieses Bedenken in der That ein völlig unvermeidliches, so würde es von einem viel allgemeineren als dem elektrotechnischen Gesichtspunkte zu entscheiden sein, inwieweit die Bewohner der Städte bewussterweise der Blitzgefahr preiszugeben seien, um gegen Störungen in dem Genusse aller mit Gas- und Wasserleitungen verbundenen Vorteile geschützt zu werden. Es ist indessen zu hoffen, dass sich bei geeignetem Entgegenkommen der Gas- und Wasserfachmänner derartige rein mechanisch-technische Vorschriften für die Anschlüsse der Blitzableiter aufstellen lassen, dass durch deren Befolgung die befürchtete rein mechanische Beunruhigung der Rohrnetze nicht eintritt, und dass somit die Blitzgefahr in dem vollen Masse abgewendet werden kann, wie es dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse von der Natur und der Wirkungsweise des Blitzes entspricht“.

19. Optische Erscheinungen in der Erdatmosphäre.

Die blaue Farbe des Himmels, eine der allbekanntesten Erscheinungen der Natur, ist bezüglich ihrer Ursache lange völlig unerklärt geblieben. Seit Lionardo da Vinci, der die Behauptung aufstellte, das Hell vor Dunkel blau erscheine, bis zu Muncke und Nichols (um von Goethe ganz zu schweigen) ist das Himmelsblau als subjektive Erscheinung gedeutet worden, bis Pickering durch direkte Versuche nachwies, dass diese Meinung irrig ist, und der wolkenlose Himmel thatsächlich blaues Licht aussendet. Die Beantwortung der Frage, warum die Luft blaue Strahlen reflektiert und rote durchlässt, ist zuerst von Newton versucht worden, und ihm folgend sucht Clausius zu erweisen, dass das in der Luft schwebende Wasser in Gestalt von kleinen hohlen Bläschen gemäss der Undulationstheorie des Lichtes notwendig blaues Licht reflektieren müsse, das um so dunkler wird, je dünner die Wanddicke jener Bläschen ist. Beobachtungen von Brücke über die Farben trüber Medien (d. h. solcher, in welchen unsichtbar kleine Teilchen einer Materie von verschiedener Dichte und verschiedenem Brechungsvermögen so zahlreich enthalten sind, dass die Durchsichtigkeit des ganzen Gemenges geschwächt erscheint) führten aber zu dem Schlusse, dass man die blaue Farbe des Himmels nicht auf die von Clausius entwickelte Ursache zurückführen dürfe, da für so kleine Teilchen die gewöhnlichen Gesetze der Reflexion und Brechung keine Gültigkeit mehr haben. Die Untersuchungen von Lord Rayleigh gaben erst 1871 die

richtige Erklärung dahingehend, dass bei einer Reflexion von sehr kleinen, trübenden Teilchen (unter 0.00035 *mm* Durchmesser) die Lichtstrahlen von kurzen Wellen, also die blauen, sehr viel stärker reflektiert werden, als diejenige von langen Wellen, welche gegen das rote Ende des Spektrums hin liegen [1]). In dem Masse als jenen kleinsten Teilchen sich grössere hinzugesellen, bis zu solchen, deren Durchmesser die Länge der Lichtwellen übertrifft, treten die gewöhnlichen Reflexionsgesetze in Wirkung, es wird zunehmend weisses Licht zurückgeworfen, d. h. das Blau des Himmels muss erbleichen, bis schliesslich eine weisse und selbst eine grauweisse Färbung eintritt. Es ist leicht einzusehen, dass die blaue Farbe des Himmels, gemäss der oben gegebenen Erklärung, ihre grösste Reinheit im Scheitelpunkte des Beobachters zeigen muss, und dies stimmt überein mit den Messungen, die bereits Saussure und Humboldt zu Ende des vorigen Jahrhunderts ausgeführt haben. Dieselben fanden als Verhältnis der blauen Strahlen in dem Himmelslichte folgende Werte in den beigefügten Höhen über dem Horizont.

Winkelhöhe über dem Horizont:	1°	10°	20°	30°	40°	60°
Saussure . . .	0.04	0.09	0.13	0.16	0.18	0.20
Humboldt . .	0.03	0.06	0.10	0.16	0.18	0.20

Ferner fand Saussure, dass das Blau des Himmels mit zunehmender Höhe über dem Meere intensiver wird. Als Verhältniszahl für die blaue Färbung des Zeniths fand er in Genf 0.225, auf dem Col du Géant 0.31, auf dem Montblanc 0.39. Die ältere von Saussure angewandte Methode, das Blau des Himmels zu bestimmen, bestand in dem Vergleich mit einer Reihe von 53 Farbenabstufungen vom vollen Schwarz durch alle Nüancen des Blau bis zum Weiss. Später haben Arago und Bernard die Polarisation des Lichtes zu einem Cyanometer verwertet, und neuerdings hat Wild ein Uranophotometer konstruiert, das auf ähnlichen Prinzipien beruht. Eine andere spektrophotometrische Methode ist zur Analysierung des Sonnenlichtes von Vogel angewandt worden, und ihrer hat sich unlängst Crova bedient, um das diffuse Licht des Himmels zu analysieren [2]). Er hat das Spektrum des blauen Himmelslichtes in Bezug auf die Intensität seiner einzelnen Partien mit den entsprechenden Regionen im Spektrum der künstlichen Lichtquelle einer Carcel'schen Lampe verglichen, deren Unveränderlichkeit vorher festgestellt worden war. Die Beobachtungen geschahen zusammen mit Houdaille auf dem Mont Ventoux, später wurden zum Vergleiche ähnliche Beobachtungen auch zu Montpellier angestellt. Es ergab

[1]) Vergl. Pernter's Darstellung der historischen Entwickelung des Problems in der Zeitschrift „das Wetter" 1890. p. 49—59.

[2]) Annales de chimie et de physique 1890. Aout. Comptes rendus. **109.** p. 493.

sich, dass bei Sonnenaufgang die stärker brechbaren Strahlen überwiegen, dass aber ihre relative Intensität bis Mittag abnimmt und von da an wieder wächst. Die Veränderung der blauen Farbe des Himmels zeigt einen ähnlichen Gang, wie die Wärmestrahlung der Sonne am Tage. Das Licht des bewölkten Himmels enthält weniger Blau als dasjenige des heiteren, aber mehr als das direkte Sonnenlicht.

Eine intensive blaugrüne Färbung des letzten Sonnenstrahles bemerkt man bisweilen am Meere, wenn die Sonnenscheibe noch mit einem verschwindend kleinen Teile über dem Horizonte steht und im Begriff ist, völlig darunter zu versinken. Die Erklärung dieses Phänomens ist nach Pellat einfach in der Dispersion unserer Atmosphäre zu suchen [1]). Infolge der Refraktion erscheinen alle Gestirne am Horizonte höher, als sie ohne Luft wären. Nehmen wir vorläufig an, es würden keine Farben absorbiert, dann würden die brechbarsten Strahlen am stärksten abgelenkt; es würden durch die Lichtbrechung eine Reihe farbiger Sonnenbilder entstehen, von denen das violette am höchsten, das rote am tiefsten stände; da diese Bilder grösstenteils über einander fallen, hätte man eine weisse Sonnenscheibe, unten mit einem gelben bis roten, oben mit einem grünen bis violetten Rande. Da nun die gelborange Färbung der Sonne beweist, dass die blauen und violetten Strahlen absorbiert werden, so wird man von dem oberen farbigen Rande nur das Grüne sehen.

In ähnlicher Weise erklärt auch L. Sohnke die Erscheinung. So wie ein dem Horizonte nahestehender Sterne im Fernrohr zu einem Spektrum ausgezogen erscheint, dessen stärker gebrochenes, blauviolettes Ende sicher gehoben ist als das rote, so muss auch das letzte sichtbare Stückchen der Sonne das blauviolette Ende des Spektrums zeigen [2]).

Beobachtungen über die terrestrische Strahlenbrechung sind auf der deutschen Polarstation Kingua-Fjord (Baffinsland) angestellt worden. Sie ergaben, dass dieselbe ausserordentlich wechselvoll ist, ja von Stunde zu Stunde sich ändert, besonders dann, wenn die Lichtstrahlen nahe über die Schnee- und Eisflächen des Fjords streichen [3]).

Die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre, welche dem Krakatau-Ausbruch folgten, sind zuerst in musterhafter Weise von Professor Kiessling untersucht und gedeutet worden [4]). Hiernach traten dieselben in dreifacher Form auf, als grüne und blaue Färbungen der Sonne, als höchst ungewöhnliche Entwickelung der Dämmerungsfarben und schliesslich als die

---

[1]) Bull. de la Soc. philomatique de Paris 1888. p. 7. **12.** p. 22.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 477.
[3]) Archiv der deutschen Seewarte **9.** 1886.
[4]) Vergl. Revue der Naturwissenschaften **16.** p. 480 u. ff.

Sonne umgebender Beugungsring. Die von der Kgl. Gesellschaft zu London behufs Studiums dieser Erscheinungen eingesetzte Kommission hat in ihrem Berichte, den die Meteorologen R. Russel und Douglas Archibald veröffentlichten, diesen Erscheinungen eine sehr eingehende Berücksichtigung zu Teil werden lassen. Pernter giebt in seiner oben [1]) bereits erwähnten Analyse der Arbeiten der britischen Krakatau-Kommission folgende Zusammenstellung der Ergebnisse bezüglich des optischen Teiles.

Als stetiger Begleiter der aussergewöhnlichen optischen Erscheinungen in der Atmosphäre während der ganzen Dauer der atmosphärisch-optischen Störung erscheint der Dunstnebel. Pernter acceptiert den Ausdruck Dunstnebel nach Kiessling's Vorschlag zur Bezeichnung jener eigentümlich rauchigen Trübung der Atmosphäre, welche sowohl in den Tropen, als ausserhalb derselben beobachtet wurde; desgleichen rührt die Bezeichnung der ganzen aussergewöhnlichen Lichterscheinungen als atmosphärisch-optische Störung von Kiessling her.

„Der Dunstnebel zeigte sich in den äquatorialen Gegenden dichter, in den aussertropischen Gegenden nur mehr als leichte, unter günstigen Beleuchtungsbedingungen sichtbare, hohe cirrusähnliche Schicht. Am dichtesten trat er in der Nähe des Krakatau nach dem grossen Ausbruch des August auf, vielfach in Verbindung mit Aschenregen. Es ist ganz zweifellos, dass in diesen Gegenden, wenigstens die Beobachtungen der ersten Tage nach dem grossen Ausbruche, sich auf vom Krakatau ausgeworfene Rauch- oder Dunstmassen beziehen, wofür ja hauptsächlich der im Indischen Ozean am 27., 28., 29. und 30. August so vielfach beobachtete Aschenregen zeugt. Da aber von da ab allmählich und nacheinander der Dunstnebel, freilich ohne Aschenregen, rings um die Erde, zunächst in den Tropen, später auch in aussertropischen Gegenden beobachtet wurde und immer gleichzeitig mit denselben optischen Erscheinungen, welche er auch im Indischen Ozean gleich nach dem Krakatau-Ausbruche hervorrief, so liegt es nahe, zu vermuten, dass der Dunstnebel auf der ganzen Erde nichts anderes war, als der allmählich zuerst in den Tropen und dann auch ausserhalb sich überall hin verbreitende Rauch und Dunst des grossen Krakatau-Ausbruches.

Die Ausdrücke, welche bei Beschreibung dieses Dunstnebels gebraucht werden, kennzeichnen ihn fast durchwegs als etwas Ungewöhnliches. In den ersten Tagen nach dem grossen Ausbruche herrscht die einfache Bezeichnung „dunstige Luft“, „eigentümlich rauchiger Himmel“, „trockene, rauchige, unbeschreibliche Wolken“, „gelblicher Dunst“, „eigentümlich leichter Dunst“ u. s. w. vor, ohne besondere Angabe über die Höhe dieses Dunstnebels, der meist den ganzen Himmel erfüllte. Die erste nähere Be-

[1]) p. 115.

zeichnung der Höhe finden wir am 3. September („Euterpe" in 14°S 8°W): „eine graue Wolkenschicht über den Cumulus- und Stratuswolken, welche den ganzen Himmel bedeckte, schon seit den letzten Tagen". Ebenso wurde an Bord des „Burdwan" am gleichen Tage beobachtet (in 27.7°S 8.6°E): „Grossartiger Sonnenuntergang; langdauernde Dämmerung; obere Wolken aus NW". Am 4. September bezeichnet das erste Mal der Kapitän des „Superb" (16°S 149°W) den Dunstnebel als „stationäre Cirrus", welche Bezeichnung von da ab mit näheren Zusätzen sich stetig wiederholt.

Das Absonderliche dieses Dunstnebels drückt sich auch sonst in den Beschreibungen aus. So bemerkt das Journal der „Queen of Cambria" am 13. September: „Ich weiss nicht, wie ich den Stoff nennen soll, der in den höheren Schichten sichtbar ist, dünne Cirrostratus oder Dunst". Auch wird der Anblick des Dunstnebels als „geriffelt", „gefaltet" u. s. w. beschrieben.

Ähnliche Ausdrücke und Beschreibungen finden wir auch später im Oktober, November, Dezember u. s. w. bei Beobachtern in höheren Breiten, von denen besonders Mr. Rollo Russel hervorzuheben ist. Man erkennt jedoch eine bedeutende Abnahme der Dichte des Dunstnebels mit der Zeit, so dass derselbe später nur mehr aufmerksamen Beobachtern bei günstigen Beleuchtungsverhältnissen auffiel, während er im September in den Tropen von jedermann unwillkürlich gesehen werden musste, und im August im indischen Ozean sogar so dicht war, dass er die Sonne fast verdunkelte.

Alles dies spricht sehr dafür, dass der auf der ganzen Erde beobachtete Dunstnebel vom Krakatau-Ausbruche herrührte. Diese Ansicht wird bestärkt durch den Umstand, dass fast immer gleichzeitig vom Auftreten der Dunstnebel und dem Erscheinen der farbigen Sonne, der ungewöhnlichen Dämmerungen und des Bishop'schen Ringes berichtet wird. lauter Erscheinungen, die auch gleich nach dem Krakatau-Ausbruche im indischen Ozean die allgemeine Aufmerksamkeit fesselten.

Ausser diesen allgemein auffallenden Erscheinungen bewirkte aber der Dunstnebel auch in seiner grössten Verdünnung noch andere, welche hauptsächlich die Astronomen bemerkten, indem er die allgemeine Durchsichtigkeit der Luft herabminderte.

Über die Bestandteile, aus welchen dieser Dunstnebel bestand, lässt sich aus den Beobachtungen des Dunstnebels selbst wenig sagen; vielleicht bieten uns die von ihm verursachten optischen Erscheinungen Anhaltspunkte, um Näheres hierüber zu erfahren. Zweifellos ist, dass derselbe eine auffallende Verschiedenheit von den gewöhnlichen Cirruswolken zeigte, weil die meisten Beobachter dieselbe erwähnen. Kommt diese Verschiedenheit des Anblickes des Dunstnebels gegenüber von Cirruswolken nur von der grösseren Höhe her, in welcher er, wie wir sehen werden, schwebte? Oder waren seine Bestandteile von denen der Cirruswolken verschieden?

Dies lässt sich ohne weiteres nicht entscheiden, und wir wollen, um Wiederholungen zu vermeiden, die weiteren Erörterungen hierüber darauf beschränken, dass wir uns seine Zusammensetzung konstruieren unter der Voraussetzung, dass er vom Krakatau-Ausbruche herrührt.

Der Vorgang, durch welchen hiernach dieser Dunstnebel in die Höhe, wie wir sehen werden, von **30000** *m* und darüber, geführt wurde, mag uns schon einigen Aufschluss über die Zusammensetzung des Dunstnebels geben. Wir haben gesehen[1]), dass der Krakatau-Ausbruch ein ungewöhnlich gasreicher war. Die stark erhitzten Gase stiegen aber infolge der gewaltigen Expansion, die sie bei der Explosion erlitten, rasch und mit Gewalt in die Höhe, und nach Erschöpfung dieser Kraft mussten sie gegen ihre Umgebung noch immer eine viel zu hohe Temperatur haben, so dass sie nun, infolge des Unterschiedes der Temperatur gegen die kalte Umgebung, mit einem mächtigen Auftriebe weiter empor stiegen. Bei diesem Vorgange mussten sie feste Teile des Auswurfsmaterials mit sich reissen und die feinsten Teilchen mit sich bis in die höchsten Schichten entführen. Ein Bestandteil des Dunstnebels war somit sicherlich feinster und allerfeinster ultramikroskopischer Bimssteinstaub. Die Form dieser Teilchen wird sich nie genau bestimmen lassen. Nach der Analogie der feinsten Teilchen, welche der Aschenregen wieder zur Erde führte, werden sich aber darin dünne Blättchen, Reste von geplatzten kleinsten Kügelchen, strahlige Bruchteile u. s. w. befunden haben. Fraglich bleibt, ob auch kleine Hohlkügelchen darunter sein konnten. Wenn dies der Fall war, konnte es nur so geschehen, dass in kleinen Hohlräumen des geschmolzenen Bimssteines eingeschlossenes Gas oder Wasserdampf infolge der grossen Temperaturerniedrigung beim Aufstieg in so grosse Höhe sich kondensierte, und die Kügelchen durch Zufall einer Zertrümmerung durch Reibung an grösseren Teilchen entgingen.

Ein Bestandteil des Dunstnebels war daher offenbar feinster ultramikroskopischer Vulkanstaub. Der Durchmesser der kleinsten Teilchen, welche den Bishop'schen Ring erzeugten, wird zu **0.0018** bis **0.0034** *mm* gefunden.

Zweifellos sind in die Höhen, wohin der vulkanische Staub geführt wurde, auch die Gase gedrungen, welche ihn mit hinaufführten. Denn der Gedanke, dass diese allerfeinsten Teilchen durch die Kraft der Explosion, wie die Projektile eines Geschosses, in diese Höhen hinaufgeschleudert worden sind, ist ganz und gar auszuschliessen. Diese Gase bestanden aber der Hauptsache nach aus schwefliger Säure, Chlorwasserstoff und Wasserdampf.

Was nun zunächst den letzteren betrifft, so wurde derselbe jedenfalls kondensiert, entweder in niedrigen Schichten oder oben

[1]) Vgl. p. 117.

in der höchsten von den aufsteigenden Gasen erreichten Schicht, in der That dürften beide Möglichkeiten eingetreten sein. Die leichten kleinsten Wassertröpfchen, die ja an den Staubteilchen Kondensationskerne fanden, werden ebenfalls von dem heftigen aufsteigenden Gasstrom mit in die höchste erreichte Schicht mitgeführt worden sein; der in den höchsten Schichten erst zur Kondensation gelangte Wasserdampf wird sich aber in Form von allerfeinsten Eisnädelchen kristallisiert haben. Da die in die Höhe geführten ultramikroskopischen Wassertröpfchen entweder überkaltet als Wassertröpfchen oder, durch Stoss zum Gefrieren gebracht, als Eiskügelchen einen Bestandteil des Dunstnebels ausmachen mussten, so müssen wir als zweiten Bestandteil des Dunstnebels annehmen: Wasserkügelchen, Eiskügelchen, Eisnädelchen.

Da nun aber auch die Gase, welche in diese Höhen vordrangen, hauptsächlich schweflige Säure und Chlorwasserstoff, eine so bedeutende Temperaturerniedrigung, wohl bis zu -100^{0}C., erlitten, so ist anzunehmen, dass selbst bei dem niedrigen Drucke von 12 *mm* sich auch Kondensationsprodukte derselben bildeten, jedenfalls flüssige; feste dürften wohl weniger wahrscheinlich sein, es wäre denn, dass infolge einer teilweisen Zersetzung der schwefligen Säure sich Schwefelkristalle ausgeschieden hätten.

Überdies dürften wohl auch Gase hinaufgedrungen sein, welche im gasförmigen Zustande verblieben.

Hiernach hätten wir folgende Zusammensetzung des Dunstnebels, unter der Voraussetzung, dass er vom Krakatau-Ausbruche herrührt: Ultramikroskopischer Vulkanstaub in Form von feinsten Bimssteinblättchen, Nädelchen, Trümmer kleinster Kügelchen; Wassertröpfchen, Eiskügelchen, Eiskriställchen, deren Kerne obiger Staub lieferte; Tröpfchen von schwefliger Säure und Chlorwasserstoff, vielleicht auch Schwefelkriställchen, überdies Gase.

Es wirft sich nun noch die Frage auf, welcher dieser Bestandteile der stärkstvertretene, dem Dunstnebel sein charakteristisches Aussehen gewährende, war.

Hier stehen sich zwei Ansichten entgegen. Kiessling ist infolge seiner experimentellen Untersuchungen, also auf guter Grundlage, zur Ansicht gelangt, dass die vom Dunstnebel hervorgerufenen optischen Erscheinungen darauf hinweisen, dass derselbe in der Hauptsache als eine aus „festen Sublimationsniederschlägen“ oder aus „feuchtem Nebel“ bestehende Schicht aufzufassen ist. Dieser „feuchte Nebel“ entsteht besonders durch „Rauch“, welcher infolge von Verbrennung oder chemischen Prozessen entwickelt wird in mit Wasserdampf gesättigter Luft.

Dem gegenüber vertreten Rollo Russel und Douglas Archibald, besonders eingehend letzterer, im Werke der Royal Society die Ansicht, dass der Dunstnebel der Hauptsache nach überwiegend trockener Staubnebel war.

Immer unter der Voraussetzung, dass der Dunstnebel dem

Krakatau-Ausbruche zu verdanken war, bekämpft Archibald das Vorhandensein von irgend beträchtlichen Mengen Wassers, in welcher Form immer, im Dunstnebel folgendermassen: „Gegen die Ansicht, dass eine grosse Menge Wasserdampf vom Vulkan ausgeworfen wurde, spricht der Mangel an Berichten von Regen bei diesem Ausbruche, wovon nur zweimal die Rede ist, ganz in der Nähe des Vulkans; dem entgegen lesen wir, dass die fallende Asche so heiss war, dass sie auf der Haut brannte, ja in Segel und Kleider Löcher brannte."

Dass dies nichts gegen das Vorhandensein einer grossen Menge Wasserdampfes beim Ausbruche beweist, ergiebt sich schon daraus, dass auch von Archibald der Wasserdampf als die Haupttriebkraft der Explosion angesehen wird. Es würde dadurch nur bestätigt, dass dieser Ausbruch von ungewöhnlicher, nie dagewesener Heftigkeit, bei einer so hohen Anfangstemperatur stattfand, dass die folgende Expansion nicht hinreichte, den Wasserdampf auf eine Temperatur zu bringen, bei der er sofort kondensierte, und die Kondensation erst allmählich bei dem Aufstieg in die höchsten Schichten erfolgte, wo er dann in feiner Verteilung den ungewöhnlichen „Dunstnebel" bilden half.

Die Sonne wurde während der Dauer der „atmosphärisch-optischen Störung" am häufigsten blau gesehen, sehr häufig erschien sie auch grün, und war speziell die „grüne Sonne" die auffallendste und angestaunteste Färbung.

Was den Ort betrifft, wo die farbige Sonne gesehen wurde, so ist hervorzuheben, dass dieselbe hauptsächlich in der äquatorialen Zone viel beobachtet wurde, in den aussertropischen Gegenden aber nur schwach und selten. Besonders gilt dies von der charakteristischsten Färbung, der grünen Sonne. Es sei darauf besonders deshalb hingewiesen, weil die beiden anderen optischen Phänomene der Störungszeit auch in den aussertropischen Gegenden in ihrer vollen Pracht auftraten.

Die farbige Sonne wurde in der Nähe vom Krakatau im engsten Zusammenhange mit den Rauchwolken des Ausbruches und dem Aschenregen gesehen. So bei dem kleineren Ausbruche im Mai, so auch beim grossen im August. Wiederholt erschien die Sonne in geringer Höhe über dem Horizonte grün, in grösserer Höhe blau, wobei dann der Himmel ein rauchiges Aussehen hatte, und am Horizonte bis zu mehreren Graden so dichter Dunst lagerte, dass die Sonne erst in einer Höhe von 7—10° sichtbar wurde.

Das Bild der Erscheinung der farbigen Sonne wird abgeschlossen durch die Art der Verbreitung dieser Erscheinung. Nach dem grossen Ausbruche am 27. August wurde eine grüne Sonne auf Ceylon, in Batavia und auf den Inseln Labuan und Bangey bei Borneo gesehen, und von da ab und, wie es scheinen will, von da aus verbreitete sich die Erscheinung der farbigen Sonne in der äquatorialen Zone um die ganze Erde herum.

Ausserhalb der Tropen wurde die farbige Sonne gesehen in Japan, in Hankow (China), in der Nähe der Azoren, in Kalmar (Schweden), in Krakau, in Kersal (England); in den letzten drei Orten erst im Dezember 1883 und Januar und Februar 1884.

Die Erscheinung zog natürlich auch den Mond in Mitleidenschaft, so dass wir wiederholt von einem grünen Monde lesen, ja selbst hellere Sterne werden als grün beschrieben. Auch diese Erscheinung kam häufiger in den Tropen vor, wenn sie auch in den aussertropischen Gegenden nicht so selten war, wie die farbige Sonne. Freilich kommt hier in Betracht, dass man zuweilen nicht zu entscheiden vermag, ob die grüne Farbe des Mondes und der Sterne nicht etwa Kontrastwirkung infolge des noch herrschenden oder eben gesehenen Purpurlichtes der Dämmerung war (was sicherlich der Fall gewesen).

„Alle Beobachter der farbigen Sonne berichten, dass gleichzeitig der Himmel mehr oder weniger von einem eigentümlichen Dunste getrübt war, der vielfach so stark auftrat, dass man die Sonne noch in bedeutender Höhe mit freiem Auge anschauen konnte. Wiederholt wird bemerkt, dass ein Dunstnebel am Himmel sich zeige, durch welchen die Sonne strahlenlos scheine und bald blau, bald grün, bald silberglänzend, bald kupferfarbig u. s. w. erschien. Oft wird nur von diesem Dunstnebel berichtet, welcher die Sonne der Strahlen beraubte. Es ist somit zweifellos der oben beschriebene Dunstnebel die Ursache dieser Erscheinungen.

Die Frage, wie der Dunstnebel alle diese Färbungen der Sonne hervorrufen konnte, ist schwerer zu beantworten, da Untersuchungen über die Beeinflussung des Lichtes beim Durchgang durch Staub, Rauch, Wasserwolken, Eiswolken bisher ganz fehlten. Den richtigsten Weg zur Beantwortung dieser Frage hat Kiessling eingeschlagen, indem er versuchte, die farbigen Sonnen mit Hilfe von Trübungen durch Staub, Rauch, Nebel u. s. w. künstlich nachzuahmen.

Der Bishop'sche Ring. Die erste genaue Beschreibung dieser Erscheinung rührt von S. Bishop in Honolulu her, weshalb dieselbe auch die Benennung Bishop'scher Ring erhielt. Bishop beschreibt diesen Ring nach der ersten Beobachtung am 5. September 1883 als eine sehr eigenartige Korona oder Ring, der sich in 20 bis 30° Sonnenabstand ausdehnte und täglich und den ganzen Tag über sichtbar war; er erschien als weisser Dunst mit blassroter Einfassung, gegen das Himmelsblau in lila oder purpur abtönend.

Nach dem 5. September finden wir, anfänglich nur in den Tropen, später auch in aussertropischen Gegenden, fortlaufende Angaben über das Auftreten des Bishop'schen Ringes. Er zeigt sich überhaupt als stetiger Begleiter der aussergewöhnlichen Dämmerungen, indem er überall dort auftritt, wo die prachtvollen Abend- und Morgenröten sich zeigten. Ja, er überdauerte die letzteren überall so sehr, dass lange nach dem Verblassen dieser

herrlichen Dämmerungen der Bishop'sche Ring in Europa noch bis in den Juli 1886 sichtbar blieb.

Die Beschreibung des Bishop'schen Ringes wird von allen Beobachtern ziemlich genau übereinstimmend gegeben.

Aus allen Beschreibungen geht hervor, dass der Bishop'sche Ring ein rötlich-brauner Kreis von 40—50° Durchmesser war, in dessem Mittelpunkt die Sonne stand, und dessen zwischen der Sonne und dem rötlichen Ringe gelegene Fläche bläulich und weisslich erschien.

Diese Anordnung der Farben lässt keinen Zweifel darüber aufkommen, dass wir es hier mit einer Beugungserscheinung zu thun haben, hervorgerufen durch viele äusserst kleine, unregelmässig verteilte, nicht ganz gleiche Teilchen.

Die Sichtbarkeit des Bishop'schen Ringes hing nur vom klaren Wetter ab; er war immer sichtbar, in Europa z. B. von seinem ersten Auftreten an, so oft als der Himmel rein war. Seine Dimensionen blieben stets ungeändert, und keine wie immer gearteten Witterungserscheinungen vermochten ihn zu alterieren. Der fleissigste Beobachter desselben, Professor Forel, konnte erst im November 1885 ein selteneres Sichtbarsein desselben konstatieren; die letzte Sichtbarkeit des Ringes fällt aber erst auf Juli 1886.

Der Bishop'sche Ring war eine Erscheinung, wie sie nie vorher gesehen worden war; ein Beugungsring von so grossem Radius war bisher nicht erschienen. Er verdankt seinen Ursprung offenbar einer sehr hohen, von der Witterung der unteren Luftschichten nicht beeinflussbaren Schicht, in welcher äusserst kleine Teilchen von einem durchschnittlichen Durchmesser zwischen 0.0018 und 0.0034 *mm* schwebten. Dass diese Teilchen den oben beschriebenen Dunstnebel bildeten, ist ausser Zweifel, da der Bishop'sche Ring überall gleichzeitig mit diesem Dunstnebel auftrat.

Die ungewöhnlichen Dämmerungserscheinungen waren im wesentlichen nichts anderes, als mit grösster Farbenpracht und Glanz verlaufende, ungewöhnlich lange Dämmerungen. Alle Phasen der normalen Dämmerung finden wir in ihnen wieder, nur mit grösserer Intensität; die Dauer war besonders für das zweite Purpurlicht auffallend.

Kiessling stellte zuerst den Satz auf, dass das erste Purpurlicht bei der ungewöhnlichen Dämmerung als eine Fortsetzung der Erscheinung des Bishop'schen Ringes aufzufassen sei, und konsequentermassen, dass dasselbe eine Beugungserscheinung war. Ganz folgerichtig erklärte er demgemäss das erste Purpurlicht überhaupt, auch bei den gewöhnlichen Dämmerungen, als eine Beugungserscheinung. Riggenbach begründete diese Auffassung durch viele Messungen des Bishop'schen Ringes bei seinem Verschwinden und des ersten Purpurlichtes bei seinem Erscheinen und stellte so Kiessling's Hypothese auf feste experimentelle Grundlagen, auf welchen fussend er seine im wesentlichen mit

Kiessling übereinstimmende Theorie des ersten Purpurlichtes aufbaute.

Das zweite Purpurlicht wurde stets als der Reflex des ersten aufgefasst, und haben die Beobachtungen der ungewöhnlichen Dämmerungen an dieser Auffassung nichts geändert, vielmehr dieselbe nur noch entschiedener bestätigt.

Es war aber gerade das zweite Purpurlicht, wie es bei den ungewöhnlichen Dämmerungen sich entwickelte, der auffallendste Teil derselben. Die ungewöhnlich lichtstarke und farbenkräftige Entwickelung desselben und seine auffallend lange Dauer war es, welche die Aufmerksamkeit der Menge auf sich zog und vielfach alarmierend wirkte.

Die Dauer des zweiten Purpurlichtes in den Monaten November und Dezember 1883, Januar, Februar 1884 währte im Mittel bis 96 Minuten nach Sonnenuntergang; auch das erste Purpurlicht wies eine längere Dauer als bei den normalen Dämmerungen auf; es dauerte im Mittel bis 54 Minuten nach Sonnenuntergang. Es kam aber auch noch längere Dauer vor, für das erste Purpurlicht über eine Stunde, für das zweite Purpurlicht zwei Stunden und darüber.

Dass die Ursache der Purpurlichter und der Dämmerung überhaupt in den in der Atmosphäre schwebenden Staubteilchen oder Kondensationsprodukten des Wassers liegt, ist bekannt Je höher diese Trübungen in die Atmosphäre hinaufreichen, desto länger währt die Dämmerung, bezw. die Purpurlichter. Die Dauer dieser Erscheinungen und die Höhe der höchsten lichtzerstreuenden Schichten hängt nach einem einfachen Gesetze zusammen, so dass man aus ersterer die letztere berechnen kann

Die Rechnung giebt, dass die Höhe des Dunstnebels zuerst etwa 30 *km* war, eine Höhe, welche nach einer Messung des Kapitän der „Medea" am 26. August 1883 die Rauchsäule des Krakatau erreichte. Später sinkt der Dunstnebel erst nur wenig, bleibt dann in etwa gleicher Höhe, um von November auf Dezember sehr beträchtlich zu sinken. Zu ganz ähnlichen Resultaten wie diese allgemeinen Mittel aus allen Beobachtungen führen auch längere Reihen einzelner Beobachter, wie die Rollo Russel's in England, O. Jesse's in Berlin und Meldrum's auf Mauritius, also an sehr weit von einander entlegenen Orten. Der Dunstnebel wäre hiernach von August 1883 bis Februar 1884 um 15000 *m* gesunken."

Leuchtende Nachtwolken. Seit dem Jahre 1885 hat sich zur Sommerszeit in Europa die Erscheinung leuchtender Wolken am nächtlichen Himmel eingestellt, und es ist besonders O. Jesse in Berlin, welcher sich mit dem Studium dieses seltsamen Phänomens beschäftigte und zur Beobachtung desselben aufforderte. „Diese leuchtenden Nachtwolken", sagt er, „treten immer nur innerhalb desjenigen Teiles des Abend- und Morgen-

himmels auf, welcher von dem Dämmerungslicht erhellt, und welcher gegen den Nachthimmel durch einen mehr oder weniger verwaschenen Halbkreis, den Dämmerungsbogen, begrenzt ist. Die Wolken zeigen sich am Abend dann, wenn die Sonne etwa 10^0 unter dem Horizonte sich befindet, und bleiben gewöhnlich so lange sichtbar, als die Dämmerung anhält. Morgens ist der Verlauf umgekehrt. Sie sind den gewöhnlichen Cirruswolken ähnlich, aber sie unterscheiden sich in einigen wesentlichen Punkten von ihnen, wodurch sie im allgemeinen sogleich zu erkennen sind. Wenn nämlich gewöhnliche Cirruswolken innerhalb des Dämmerungsbogens zu einer Zeit, wenn die Sonne 10^0 und mehr unter dem Horizonte ist, sich befinden, so sind sie stets dunkler, als der sie umgebende Dämmerungshimmel; die leuchtenden Nachtwolken sind dagegen stets heller als der letztere. Ferner: die gewöhnlichen Cirruswolken verschwinden im allgemeinen nicht, wenn der Dämmerungsbogen über sie hinweggeht, so dass sie in den Nachthimmel eintreten; sie verändern nur ihr Aussehen in der Weise, dass sie, während sie vorher dunkler waren als ihre unmittelbare Umgebung, nach Eintritt in den Nachthimmel heller sind als dieselbe. Die leuchtenden Nachtwolken verschwinden aber gänzlich, sobald der Dämmerungsbogen über sie hinweggeht, und nur derjenige Teil bleibt sichtbar, welcher innerhalb des Dämmerungssegments liegt. In Bezug auf die Farbe der leuchtenden Nachtwolken ist zu erwähnen, dass dieselben mit einem weissen, silberartigen Glanze leuchten, welcher in der Nähe des Horizonts mehr in Goldgelb übergeht. Bemerkenswert ist noch, dass die Erscheinung innerhalb der jahreszeitlichen Periode ihrer Sichtbarkeit nicht an jedem sonst wolkenfreien Abend oder Morgen auftritt, sondern, dass sie meist in Zwischenzeiten von 8 — 14 Tagen erfolgt und dann in der Regel mehrere Nächte hintereinander. Zur Beobachtung ist ein in der Dämmerungsgegend möglichst freier Horizont nötig, Gaslicht und elektrisches Licht sind im allgemeinen störend für die Wahrnehmbarkeit. Während die Cirruswolken nur bis zur Höhe von 13 *km* in der Atmosphäre schweben, erreichen die leuchtenden Nachtwolken Höhen bis zu 83 *km*, wie sich aus korrespondierenden Beobachtungen an mehreren Stationen ergiebt. Im Sommer 1889 ist die Erscheinung nicht nur im nördlichen Deutschland, sondern auch in Holland, der Schweiz und Nordamerika beobachtet worden. O. Jesse hat Höhenbestimmungen dieser Wolken ausgeführt durch simultane photographische Aufnahmen zu Steglitz, Nauen und Rathenow[1]. Es ergab sich im Mittel eine Höhe von 83 *km*, und gleichzeitig fanden sich Geschwindigkeiten der betreffenden Wolken bis zu 300 *m* in der Sekunde. Dieses Resultat, welches zum ersten Male sicheren Aufschluss über die Bewegungsver-

[1]) Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1890. p. 1031 u. ff.

hältnisse in den höchsten Luftregionen verschafft, ist von grösster Wichtigkeit. Auch darauf macht O. Jesse scharfsinnig aufmerksam, dass die leuchtenden Nachtwolken sich nur periodisch über denjenigen gemässigten und polaren Zonen zeigten, welche eben Sommer hatten, und dass man hiernach annehmen muss, „dass in den grossen Höhen, in welchen diese Wolken sich bewegten, eine besondere Art von Zirkulationsprozess stattfindet, welcher uns jetzt zum ersten Male durch die jährliche Wanderung jener das Sonnenlicht stark reflektierenden kleinsten Teilchen erkennbar gemacht wird."

Das Funkeln der Sterne, jene Erscheinung, welche die nächtliche Himmelsdecke anmutig zu beleben scheint, hat seit jeher der wissenschaftlichen Erklärung die grössten Schwierigkeiten gemacht. Nach neueren Beobachtungen, welche J. M. Pernter auf dem Sonnblickgipfel angestellt hat[1]), ergiebt sich, dass die Scintillation nicht lediglich in den untersten Schichten der Atmosphäre stattfindet, sondern auch in den oberen Regionen, ja dass letztere in gewissen Fällen ein viel lebhafteres Funkeln der Sterne verursachen als jene. Dass jedoch auch in den tiefsten Schichten der Atmosphäre die Erscheinung nicht selten sehr stark auftritt, beweisen Beobachtungen, in welchen kleine Glasscheiben, die von der Sonne beleuchtet werden aus Entfernungen von zwei deutschen Meilen und nahezu in horizontaler Richtung gesehen, sehr stark funkeln. Die Scintillation ist eine Folge der Brechungen, welche die Lichtstrahlen beim Durchgange durch eine Menge durch einander fliessender, kalter und warmer Luftströmchen erfahren, wie unter anderen Montigny näher ausgeführt hat[2]). Exner macht auch darauf aufmerksam, dass man am Tage und mit künstlichen Lichtquellen alle Erscheinungen der Scintillation der Sterne beobachten, ja besser als an diesen selbst studieren kann.

20. Klimatologie.

Es ist selbstverständlich, dass an diesem Orte von den Untersuchungen und Bearbeitungen meteorologischer Beobachtungen zur Darstellung der klimatischen Verhältnisse einzelner Städte, wie ganzer Länder, selbst die bedeutendsten nicht alle aufgeführt, geschweige denn gewürdigt werden können, da gerade auf diesem Gebiete der Meteorologie eine ungeheuere Menge von Arbeiten produziert werden. So kann selbst des grossen Unternehmens der internationalen Polarexpeditionen nur dem Namen nach hier gedacht werden. Das gewaltige und wertvolle Zahlenmaterial, welches als Ergebnis dieser systematischen Beobachtungen zu Tage gefördert worden ist, kann nur in den Originalberichten wieder-

[1]) Sitzungsberichte d. k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien **97.**
[2]) Exner im Repertorium der Physik **23.**

gegeben werden. Daneben findet es sich in lichtvoller Gruppierung und kritischer Beleuchtung hauptsächlich von der Meisterhand des Professor Hann in den letzten Jahrgängen der Meteorologischen Zeitschrift niedergelegt, wenigstens soweit dies die Beobachtungen der deutschen Expedition (Süd-Georgien, im Kingua-Fjord 66° 36′ nördl. Br., 67° 19′ westl. L. v. Gr., und auf Labrador), der Vereinigten Staaten (Point Barrow, Lady Franklin-Bay), Norwegens (Bossekop-Alten), Frankreichs (Cap-Horn), Dänemarks (Godthaab auf Grönland) und der finnländischen Station in Sodankylae (67° 27′ nördl. Br., 26° 36′ östl. L. v. Gr. in Lappland) betrifft. Eine Behandlung des gesamten, von allen internationalen Polarstationen gelieferten Materials, von allgemeinen Gesichtspunkten aus, kann zudem erst in späterer Zeit gegeben werden, wenn sämtliche Beobachtungen publiziert sind.

An diesem Orte können nur einzelne klimatologische Untersuchungen der letzten Jahre gewürdigt werden, zumal solche, welche aus verschiedenen Gründen spezielles Interesse auch für weitere Kreise in Anspruch nehmen können.

In dieser Hinsicht ist zuerst der meteorologischen Beobachtungen zu gedenken, welche auf dem Sonnblickgipfel angestellt wurden und noch werden. Prof. Hann hat $2^1/_2$-jährige Aufzeichnungen an jener Hochgebirgsstation diskutiert[1]). Die Seehöhe des Fussbodens vom Sonnblickhause wird von Hann dabei zu 3095 *m* angenommen. Was die Temperaturverhältnisse anbelangt, so war die höchste Wärme 1888: + 10.0° C, die niedrigste am 16. März 1889: — 34° C. „Die äussersten Kältegrade von — 32° bis — 34°, die auf dem Sonnblick zur Beobachtung kamen, sind zugleich die niedrigsten, die man bisher auf einem Alpengipfel oder Pass (Theodul, St. Bernhard, Gotthard) beobachtet hat. Auf dem Theodulpass war im Winter 1865—66 die niedrigste Temperatur bloss — 21.4°, auf dem St. Bernhard im Laufe von 30 Jahren — 7.22°, auf dem Obir — 27.5°, auf dem Säntis (in sechs Jahren) — 22.8°. Dagegen hatte Cilli schon — 30.3°, Tröpolach — 30.3°, Klagenfurt — 30.6° und Tamsweg sogar 36.3°. Die Temperaturextreme von 12 Jahren auf Pickes Peak, in 4300 *m* waren — 38.3° (öfter beobachtet) und 17.8°. Das Charakteristische für die Wärmeverhältnisse der höchsten Alpenregionen ist die Gleichmässigkeit der Kälte und vor allem die niedrige Sonnenwärme. Im Jahre 1888 erhob sich die Mitteltemperatur keines einzigen Monates über den Gefrierpunkt! Auch der heisse Juli 1887 hatte auf dem Sonnblick nur 2.8°, eine Temperatur, die einem warmen Wintermonat in der Niederung an seinem Fusse entspricht. Die höchsten Temperaturen auf dem Sonnblicke waren 9—10°, auf dem Theodulpasse, August 1865 15.1°, Juli 1866 14.8° (der Theodul ist infolge der Passlage

[1]) Zeitschrift des Deutschen und Österr. Alpenvereins **20.** 1889.

wärmer) auf dem Säntis war das Maximum 20.7°. Im Winterhalbjahr 1886—1887 ging das Thermometer am 7. Oktober unter den Nullpunkt und erhob sich erst am 14. Juni 1887 wieder über denselben, blieb also durch 250 Tage unter dem Gefrierpunkte. Im Winterhalbjahr 1887—1888 wurde der Nullpunkt für die Dauer erreicht am 20. September und wurde am 3. Juni für die Dauer wieder überschritten, nachdem schon früher, vom 18. bis 20. Mai, eine kurze Erwärmung eingetreten war Die Dauer der Frostperiode war demnächst 252 Tage, also der des Vorjahres gleich. Im Herbste 1888 trat ständiges Frostwetter ein am 25. September; doch hatte der Oktober zwei kurze Tauperioden, zu Anfang und Ende, seit 1. November hält sich aber das Thermometer ständig unter Null". Die mittlere Jahrestemperatur des Sonnblickgipfels berechnet Prof. Hann zu — 6.6° C. „Sucht man", sagt er, „auf einer Isothermenkarte der Erde die Örtlichkeiten, welche (bei einer Lage nahe dem Meeresniveau) dieselbe mittlere Jahreswärme haben, wie der Sonnblickgipfel, so findet man als solche: das mittlere Spitzbergen, den südlichen Teil von Nowaja Semlja, in Sibirien, Obdorsk (Obmündung) bis Ochotsk, die Beringsstrasse, mittlere Hudsonsbay und das mittlere Grönland. Die normale Januartemperatur des Sonnblickgipfels teilen: wieder das mittlere Spitzbergen, Archangel, Orenburg, Wladiwostock (an der Küste des Amurlandes), das mittlere Kamtschatka. In Nordamerika: die Nordgrenze der Vereinigten Staaten gegen Kanada, das Innere von Ostkanada, Godthaab in Grönland. Eine Julitemperatur von 1° findet man auf der ganzen nördlichen Halbkugel in der Nähe des Meeresniveaus nirgends. Die im Sommer kältesten Gegenden der nördlichen Polarregion: Franz-Josefland, Nordküste des Taimyrlandes in Sibirien, der äusserste Norden Grönlands haben noch eine mittlere Juliwärme von 2°. Das mittlere Spitzbergen, welches im Jahres- und Januarmittel mit dem Sonnblickgipfel übereinstimmt, hat ca. 5° Juliwärme (etwa gleich Säntis und Pikes Peak). Dagegen hat die antarktische Polargegend Sommertemperaturen unter dem Gefrierpunkte. Eines der reichsten Weizenländer der Erde, Manitoba (Westkanada), hat eine Januartemperatur, die 3—4° niedriger ist als die des Sonnblickgipfels (es kommen dort auch Temperaturminima bis unter — 50° C. vor), aber die mittlere Juliwärme erhebt sich dort auf 20° und darüber. Auf den Hochgipfeln der Alpen hält sich die Wärmebewegung des Jahres innerhalb eines geringen Spielraumes. In Zell am See (ca. 750 *m*) unterscheiden sich die Januar- und Julitemperatur noch um 22° C., in Rauris (950 *m*) um 20.8°, in Kolm-Saigurn (1620 *m*) um 17.9°, auf der Schnittenhöhe (1960 *m*) um 16.0° und auf dem Sonnblick nur mehr um 14.1°. Dass auf dem Säntis dieser Unterschied nur 14.1° ist, trotz der um 630 *m* tieferen Lage, beruht darauf, dass derselbe dem Küstenklima Westeuropas näher liegt, während die

Tauern schon ein mehr kontinentales Klima haben. Die Wirkung dieses letzteren zeigt sich am besten bei Pikes Peak, der, obgleich 1200 *m* höher als der Sonnblick, doch einen viel grösseren Spielraum der jährlichen Temperaturänderung hat, nämlich 20.8°. Es ist der Januar kälter, und der Juli wärmer als auf dem Sonnblick. Wenn man annehmen darf, dass die Abnahme der jährlichen Wärmeschwankung auch in noch grösseren Höhen als der Sonnblickgipfel in ähnlicher Weise fortschreitet, und innerhalb mässiger Grenzen ist dies sicherlich gestattet, so würde auf einem Tauerngipfel von ca. 8800 *m* Höhe (d. i. die Höhe des Gaurisankar, des höchsten Berges der Erde) die Temperatur das ganze Jahr hindurch konstant bleiben".

Bezüglich der Frage nach der Wärmeabnahme mit der Höhe bietet der Sonnblickgipfel und Kolm-Saigurn nach Prof. Hann's Meinung die beste zur Zeit überhaupt vorhandene Gelegenheit zur Beantwortung. Die Temperaturänderung mit der Höhe ist, wie man weiss, nach den Tageszeiten verschieden, am raschesten in den wärmsten Nachmittagsstunden und am langsamsten in den Nachtstunden. Die drei täglichen Beobachtungen in Kolm-Saigurn und auf dem Sonnblicke liefern für diese tägliche Änderung der Wärmeabnahme mit der Höhe die folgenden Werte:

Temperaturabnahme mit der Höhe für je 100 *m*

	7 Uhr morgens	2 Uhr nachmittags	9 Uhr abends
Winter	0.53°	0.66°	0.57°
Frühling	0.66	0.85	0.65
Sommer	0.77	0.89	0.68
Herbst	0.52	0.70	0.54
Jahr	0 62	0.77	0.61

Als Jahresmittel ergiebt sich (wenn der Beobachtung um 9 Uhr abends das doppelte Gewicht beigelegt wird) 0.65° pro 100 *m*.

„Der Bewohner des Sonnblickhauses lebt unter einem Luftdruck, der nur mehr $^2/_3$ des normalen Barometerstandes am Meeresniveau beträgt und ca. 200 *mm* niedriger ist als jener zu Salzburg, Ischl oder Klagenfurt. Es scheint nicht, dass dies einen erheblichen Einfluss auf seinen Gesundheitszustand hat. Der Beobachter auf Pikes Peak atmete eine noch stärker verdünnte Luft, denn der Luftdruck betrug daselbst kaum noch 0.6 des Druckes am Meeresniveau. Die höchsten bewohnten Orte auf den Plateauländern der Erde sind das buddhistische Kloster Hánle in Tibet in 4610 *m* (unter 32° 48′ nördl. Br.) Höhe, wo der Barometerstand ca. 433 *mm* beträgt, und das Dorf St. Vincente in Peru in 4580 *m* mit einem mittleren Barometerstande von 436 *mm*. Das ist ein ca. 100 *mm* geringerer Luftdruck als auf dem Sonnblicke und nur mehr 57 % des normalen Luftdruckes. So anpassungsfähig ist der menschliche Organismus. Die Haupteigentümlichkeit des jährlichen Ganges des Barometers auf höheren Punkten der gemässigten oder kalten Zone ist der niedrige

Barometerstand im Winter und der hohe Barometerstand im Sommer. Die Ursache davon liegt einfach in der Zusammenziehung der Luft durch die Kälte im Winter und deren Ausdehnung durch die Wärme im Sommer. Je höher die Station liegt, desto stärker tritt natürlich dieser Einfluss hervor, ferner hängt derselbe auch von der Grösse der jährlichen Wärmeänderung der Luftsäule ab. So hält sich auf dem Säntis das Barometer im Juli um 5.0 *mm* über das Jahresmittel, auf dem Sonnblicke um 5.4 *mm*, auf Pikes Peak um 8.2 *mm*. Da der Luftdruck aus allgemeinen Ursachen im Sommer am Fusse der Tauern stärker sinkt als am Fusse des Säntis, so macht sich der Einfluss der grösseren Seehöhe auf dem Sonnblicke nicht so stark fühlbar, als es seiner Höhe entsprechen würde. In den Änderungen des Barometers auf Berggipfeln hat man daher meist die vereinigte Wirkung zweier Ursachen vor sich, jene einer allgemeinen Druckänderung, die sich auch unten bemerkbar macht, und jene einer gleichzeitigen Temperaturänderung der Luft. Man darf sich daher nicht wundern, wenn das Barometer auf höheren Punkten ganz andere Variationen zeigt, als sie gleichzeitig in den Thälern beobachtet werden. Wenn die Temperatur z. B. stark sinkt muss das Barometer oben fallen, auch wenn es in den Thälern konstant geblieben ist".

Bezüglich des Sonnenscheines liegen 2-jährige Registrierungen vor, welche interessante Resultate ergaben. „Im Winter hat man zwischen 11 Uhr vormittags die grösste Wahrscheinlichkeit, den Sonnblickgipfel frei von Wolken zu finden und also auch freie Aussicht zu haben, im Frühlinge tritt diese Zeit früher ein, und zwar zwischen 9 und 11 Uhr vormittags, im Sommer aber noch viel früher, zwischen 7 und 8 Uhr. Die Tageszeit vor 9 Uhr ist die günstigste für eine freie Aussicht, von da ab nimmt die Bewölkung und Nebelbildung um den Gipfel rasch zu. Wenn wir sagen, die Tageszeit vor 9 Uhr überhaupt, so liegt der Grund darin, dass die geringere Frequenz des Sonnenscheines vor 7 Uhr noch nicht besagt, dass deshalb der Gipfel auch häufiger in Wolken steckt. Wenn die Sonne tief steht, so ist, bei gleicher allgemeiner Himmelsbedeckung, die Wahrscheinlichkeit, dass dieselbe von Wolken bedeckt ist, eine viel grössere, als wenn sie höher steht, weil sich die Wolken naturgemäss gegen den Horizont hin zu verdichten scheinen. Die auf- oder untergehende Sonne kann bei fast ganz reinem Himmel häufig längere Zeit unter den Wolken bleiben. Es gehen also Grade der Bewölkung und Sonnenschein nicht ganz parallel für Zeiten verschiedener Sonnenhöhe. Die Wahrscheinlichkeit des Sonnenscheines ist um die gleichen Nachmittagsstunden im Sommer bedeutend geringer als im Winter; trotz des viel längeren Tages scheint die Sonne nach 12 Uhr mittags im Sommer nicht länger als im Winter. Die grösste überhaupt zu irgend einer Tageszeit vorkommende Häufig-

keit des Sonnenscheines hat die Stunde 11 Uhr bis Mittag im Winter. Das ganze Jahr hindurch scheint die Sonne vormittags häufiger als nachmittags, am grössten ist der Unterschied zwischen Vor- und Nachmittag im Sommer. In der Niederung (Kremsmünster) ist der tägliche Gang des Sonnenscheines der entgegengesetzte, hier haben die Nachmittagsstunden den meisten Sonnenschein, und die Zeit der grössten Frequenz des Sonnenscheines verspätet sich im Sommer etwas. Über den Niederungen löst die Nachmittagssonne die Wolken auf, an den Bergen verdichtet sie dieselben. Nehmen wir die drei sich folgenden Stunden mit dem häufigsten Sonnenschein zusammen, so erhalten wir folgende Übersicht:

Gesamte Dauer des Sonnenscheines während drei Stunden

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
		Sonnblickgipfel		
Zeit . .	10—1h	8—11h	7—10h	9h — Mittag
Dauer . .	45.1	35.7	41.6	40.6 Stunden
		Kremsmünster		
Zeit . .	Mitt.—3h	Mitt 1—4h	Mitt.—3h	Mitt.—3h
Dauer . .	30.0	50.4	61.1	40.5 Stunden

Im Herbst und Winter erfreut sich der Sonnblickgipfel einer viel längeren Dauer des Sonnenscheines als Kremsmünster und die Niederung überhaupt. Dagegen ist der Frühling die Zeit des am meisten getrübten Sonnenscheines. Diese Jahreszeit ist für die Hochregionen fast in jeder Hinsicht die schlechteste, das Gegenstück des (relativ) so schönen Herbstes".

Unter den meteorologischen Hochstationen nimmt der Pikes Peak in Kolorado, Nordamerika, eine hervorragende Stelle ein, nicht nur weil er die höchste Station der Erde ist (14134 Fuss über dem Meere), sondern auch weil die dort angestellten Beobachtungen den langen Zeitraum vom Januar 1874 bis September 1888 umfassen. Dieselben haben nun eine Bearbeitung durch A. K. Greely erfahren [1]), durch welche sie der wissenschaftlichen Welt endlich zugänglich gemacht worden sind. Zunächst ergiebt sich eine überraschende Ähnlichkeit im Verlauf der Jahreskurven des Luftdruckes und der Temperatur, beide haben ihr Maximum im Juli und ihr Minimum im Januar. Dabei sind nicht nur die positiven und negativen Schwankungen von Monat zu Monat für beide Elemente die gleichen, sondern sie zeigen auch ein ganz bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis von einander, indem der mittlere monatliche Druck um 0.016 Zoll steigt oder fällt bei jeder Änderung der mittleren Monatstemperatur um 1° F.

Eine ähnliche Beziehung zwischen dem mittleren monatlichen Druck und der mittleren Temperatur zeigen die Beobachtungen auf dem 6279 Fuss hohen Mount Washington in New-Hampshire, aber die Jahreskurven für Druck und Temperatur sind hier nicht

[1]) Annales of the astr. Obs. of Harvard College. 22.

so regelmässig wie in Pikes Peak. Denn das Druckmaximum verschiebt sich bis zum August, und das Minimum dauert fort im Januar, Februar und März. In den Felsengebirgen hingegen lassen alle Stationen über 4000 Fuss ein Druckminimum im Januar und ein Maximum im Juli oder August erkennen, während in den tiefer gelegenen Stationen Nordamerikas die Maxima auf Januar, die Minima auf Juli fallen.

Die mittlere Temperatur auf Pikes Peak ist — 7° C., mit einer Schwankung der mittleren Jahrestemperatur von 1.7° C. Die höchste Temperatur war 17.8° C. am 19. Juli 1879, die niedrigste — 39.7° C. am 21. Dezember 1887. Die tägliche Temperaturschwankung, aus 10-jährigen selbstregistrierenden Beobachtungen abgeleitet, zeigt die grösste Schwankung im Juli und September, die kleinste im Dezember. Ähnlich verhalten sich die benachbarten, niedriger gelegenen Stationen, welche gleichfalls die grösste Tagesschwankung im Sommer haben; während auf dem Mount Washington das Maximum der Tagesschwankung auf den Januar fällt und das Minimum auf den Juli.

Der Niederschlag zeigt auf Pikes Peak Eigentümlichkeiten in seiner Verteilung durch das Jahr: er steigt von einem Hauptminimum im Februar zu einem sekundären Maximum im April, dann zeigt sich ein sekundäres Minimum im Juni, dem unmittelbar das Hauptmaximum im Juli folgt. Die Niederschlagsmenge ist im Sommer wesentlich dieselbe, wie im Frühlinge (35 % und 33 %), während der Rest sich gleichmässig auf Winter und Herbst verteilt. Sehr auffallend ist das Juni-Minimum, aber es scheint zweifellos, da auch in den benachbarten, tieferen Stationen, Kolorado Springs am Fusse und Denver im Abstand von 80 engl. Meilen, ähnliche Regenverhältnisse beobachtet sind.

Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit zeigt in der Regel eine langsame Abnahme vom Januar (26.6 engl. Meilen) zum Juli (12.5) und August (12.3). Die Kurve der mittleren Windgeschwindigkeit ist im wesentlichen der Kurve der mittleren Temperatur entgegengesetzt, d h. die höchste mittlere monatliche Geschwindigkeit fällt zusammen mit der niedrigsten mittleren Monatstemperatur, und die kleinste mittlere Geschwindigkeit mit den höchsten mittleren Temperatur. Die durchschnittliche stündliche Windgeschwindigkeit nimmt vom Maximum (3.22 engl. Meilen) zwischen 2—4^h vormittags allmählich ab bis zum Minimum (17.5 engl. Meilen) zwischen 11^h vormittags und mittags; auf dieselbe Stunde fällt das Minimum der stündlichen Windgeschwindigkeit in jedem Monate des Jahres, während das Maximum unregelmässiger zwischen 1^h und 4^h vormittags auftritt.

Die Windrichtung ändert sich in den verschiedenen Monaten des Jahres nur wenig; vom März bis zum Oktober bilden Südwestwinde die prozentische Mehrzahl, und in der Zeit vom November bis Februar herrschen Westwinde vor.

Starke Stürme sind auf Pikes Peak ungewöhnlich, und die Tage mit stündlichen Geschwindigkeiten von mehr als 50 engl. Meilen in der Stunde verhältnissmässig selten. An exponierten Punkten der pazifischen und atlantischen Küste trifft man grössere Geschwindigkeiten häufig. Anf dem Mount Washington findet man stärkere Winde nicht bloss für kurze Zeiten, sondern Tage und Monate lang.

Die mittlere jährliche Bewölkung auf Pikes Peak ist 40 %, sie schwankt zwischen 33 % im November und 74 % im Juli. Es herrscht eine Neigung zu stärkerer Bewölkung im Spätfrühjahr und Spätsommer, während die kleinsten Werte von September bis Januar auftreten. Auf dem Mount Washington ist die Bewölkung viel grösser, durchschnittlich 57 % pro Jahr; die Schwankung ist jedoch kleiner zwischen 52 % im September und 61 % im März; die Verteilung über das Jahr ist unregelmässig.

Der Einfluss des Waldes auf das Klima wird in Schweden seit einer Reihe von Jahren durch systematische Beobachtungen an Stationen im Walde, in Lichtungen und auf ausgedehnten waldlosen Gebieten studiert. Bezüglich der Temperatur hat die Diskussion der Beobachtungen durch Hamberg schon früher ergeben [1], dass der Wald in Schweden auf grössere Entfernungen keinen wahrnehmbaren Einfluss ausübt, dass aber die unmittelbare Nachbarschaft des Waldes die Bodenwärme während klarer Nächte herabdrückt und dadurch Rauchfröste begünstigt, eine Abnahme der Wälder werde bezüglich der Temperatur der schwedischen Landwirtschaft keinen Schaden bringen. In einer neuen Arbeit untersucht Hamberg den Einfluss der Wälder auf die atmosphärische Feuchtigkeit [2]) und kommt auch in dieser Beziehung zu dem Ergebnisse, dass gar keine oder höchst nur eine ganz unbedeutende Einwirkung anzunehmen ist. Würden die Wälder Schwedens niedergeschlagen, so könnte die Feuchtigkeit der unteren Luftschichten im ganzen kaum eine der Pflanzenwelt nachteilige Änderung erfahren, vorausgesetzt, dass sich die Verteilung der Niederschläge dadurch nicht ändert, was freilich einer besonderen Untersuchung bedürfte. Dr. Grossmann macht indessen darauf aufmerksam, dass ein Umstand bei allen diesen Untersuchungen nicht in Rechnung gezogen worden sei, nämlich der Grundwasserstand in seinen jährlichen Schwankungen und seinem durchschnittlich jährlichen Werte. „Solange“, sagt er sehr treffend, „der Nachweis nicht geliefert wird, dass dieser vom Wald unabhängig ist, kann über den Einfluss des Waldes, wenigstens auf die Pflanzenwelt, nichts geschlossen werden. Vielleicht liefern die Erfahrungen, die bei der Aufforstung der

[1]) Revue der Naturwissenschaften. **16.** p. 450.

[2]) De l'influence des forêts sur le climat de la Suède III: Humidité de l'air. Stockholm 1889. Ausführliches Referat in der meteorologischen Zeitschrift 1890. p. [25].

Lüneburger Haide gemacht werden, im nächsten Jahrhundert brauchbares Material zur Beantwortung dieser Frage, wie auch einen sicheren Anhalt für die Beurteilung des Einflusses auf die Niederschläge. Möglicherweise würden Grundwasserbeobachtungen an den schwedischen Parallelstationen bereits zu interessanten und sprechenderen Aufschlüssen führen als die so mühsame Untersuchung der Luftfeuchtigkeit es nach allem vermocht hat".

Der Waldeinfluss auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur ist von Prof. Müttrich einer umfassenden Untersuchung unterzogen worden, und zwar auf Grund mehrjähriger Beobachtungen an den forstlichen Versuchsanstalten Deutschlands [1]). Es ergaben sich folgende Resultate:

Die Grösse der täglichen Temperaturschwankungen nimmt auf freiem Felde auf allen Stationen in den ersten Monaten des Jahres langsam, dann rascher zu und erreicht meist im Juni, weniger oft im Mai ihr Maximum. Die Abnahme erfolgt darauf zuerst langsam bis gegen den September, dann rascher bis zum November und erhält schliesslich im Dezember ihr Minimum. Der Unterschied zwischen der grössten täglichen Temperaturschwankung am Ausgange des Frühjahrs und der kleinsten am Jahresschlusse hängt davon ab, welchem allgemeinen Klima die Station angehört.

Die täglichen Temperaturschwankungen im Walde nehmen ebenfalls vom Winter zum Sommer zu und dann wieder zum Winter ab, sind aber in allen Monaten und bei allen Bestandesarten kleiner als die im Freien. Ihr Gang ist im Laufe des Jahres verschieden, je nach der Art des Bestandes.

Der Einfluss des Waldes auf die tägliche Temperaturschwankung in den Winter- und ersten Frühlingsmonaten ist absolut am kleinsten im Buchenwalde (ca. 0.8°), etwas grösser im Kiefernwalde (ca. 1.2°) und am grössten im Fichtenwalde (ca. 2.3°). Anders verhält es sich im Sommer und ersten Herbstmonate, wo der Einfluss des Waldes am grössten im Buchenwalde (ca. 4.1°), kleiner im Fichtenwalde (ca. 3.7°) und noch kleiner im Kiefernwalde (ca. 2.8°) ist.

Der Einfluss des Waldes auf die Maxima- und die Minimatemperaturen besteht darin, dass die ersteren erniedrigt und die letzteren erhöht werden. Dabei ist der Einfluss, den der Wald auf die Maximatemperaturen ausübt, auf allen Stationen in den meisten Monaten grösser als der auf die Minimatemperaturen.

Der Einfluss der Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter ist ein eminent wichtiger, allein erst in jüngster Zeit wird die regelmässige Beobachtung der Schneebedeckung (zuerst und vor allem im meteorologischen Netze des Königsreichs Bayern) ausgeführt. A. Woeikof hat dagegen schon vor vielen Jahren

---

[1]) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1890. 7. Heft.

auf die Wichtigkeit derselben als meteorologischen Faktor aufmerksam gemacht und die Ergebnisse seiner Forschungen in einer unter dem obigen Titel erschienenen Schrift veröffentlicht [1]. Als Ergebnis derselben kommt er zu folgenden Sätzen:

„Der Schnee als schlechter Wärmeleiter schützt den Boden vor Abkühlung während der ganzen Zeit, während welcher die Temperatur der Luft und der Oberfläche des Schnees unter 0° ist“.

„Dieser Einfluss ist bei gleich tiefer Schneelage um so grösser, je lockerer der Schnee liegt. Er ist erheblich kleiner bei mit Wasser durchtränktem und firnartigem Schnee und wächst mit der Mächtigkeit der Schneedecke“.

„Bei Temperaturen über 0° ist der Einfluss entgegengesetzt, also dann abkühlend. Dieser abkühlende Einfluss dauert auch nach der Schneeschmelze fort, weil der Boden mit Wasser von 0° erfüllt ist, welches sich nur langsam erwärmt“.

„Im ganzen mindert also der Schnee die Schwankungen der Temperatur des Bodens“.

„Die erwärmende Wirkung einer Schneelage ist jedoch grösser als deren abkühlende Wirkung, und zwar umsomehr, je länger die Schneebedeckung bei Temperaturen unter 0° dauert, so dass bei einer Schneebedeckung von 50 *cm* Tiefe und über sechs Monate Dauer wahrscheinlich schon in 1 *m* Tiefe die Temperatur des kältesten Monates nicht tiefer ist als die Jahrestemperatur an der Oberfläche des Festen (Schnee und Eis als Festes inbegriffen) und in der untersten Luftschicht“.

„Der auf dem Boden und Eis liegende Schnee mildert die Abkühlung des Festen und der Gewässer höherer Breiten sehr erheblich“. Dieser schützende Einfluss des Schnees erklärt es, warum sich beständig gefrorener Boden nur bei einer mittleren Jahrestemperatur der Luft bedeutend unter 0° findet. Er bringt es gleichsam mit sich, dass „ein und derselbe Punkt im Erdreiche im Winter zu einer grösseren Tiefe unter der Oberfläche der Erde gehört als im Sommer“. Ohne Schnee hätten wir in hohen Breiten gefrorenen Boden bis auf einige hundert Meter Tiefe hinab.

„Die Temperatur an der Oberfläche des schneefreien Bodens ist höher als diejenige an der Oberfläche des Schnees“.

„Da die Temperatur der unteren Luftschicht in einer sehr grossen Abhängigkeit von der Temperatur der (flüssigen oder festen) Unterlage steht, so muss dieselbe unter sonst gleichen Verhältnissen über einer Schneelage tiefer sein, als wenn kein Schnee liegt“.

„Die niedrigen Temperaturen, welche in Gegenden ohne gewöhnliche Schneebedeckung vorkommen, wie in den Ebenen von Turan und auf den Plateaus von Hochasien, können durch folgende Ursachen erklärt werden: a. Es fällt auch dort zuweilen Schnee, und ihm folgt dann in der Regel strenge Kälte durch

[1] Penck's geograph. Abhandlungen. **3.** Heft 3. Wien 1889.

Ausstrahlung. Sie ist sehr intensiv, weil die Bewölkung klein, und die Luft diatherman ist. b. Namentlich in Hochasien sind die Winde stark, die Luft trocken; so trocknet auch der Boden bis auf eine bedeutende Tiefe und wird ein schlechter Wärmeleiter. Seine Oberfläche, namentlich wenn sandig, kühlt sich dann rasch ab. c. Niedrige Temperaturen werden oft auch durch Winde aus schneebedeckten Gegenden gebracht, namentlich in die Ebenen von Turan aus Westsibirien".

„Da die Abkühlung der Oberfläche des Schnees im Vergleiche zum schneefreien Boden an klaren Tagen grösser ist als an bedeckten, müssen dieselben Verhältnisse auch für die untere Luftschicht gelten".

„Wenn Schnee den Boden bedeckt, ist gewöhnlich eine sogenannte Umkehrung der Temperatur vorhanden, d. h. die unterste Luftschicht ist kälter als die etwas höhere, und zwar auch in der Mitte des Tages; besonders ist dies an klaren und windstillen Tagen der Fall. Die „Umkehrung" der Temperatur zwischen Thälern und benachbarten Höhen, d. h. die niedrige Temperatur der ersteren, kommt auch am häufigsten vor bei einer Schneelage".

„Die rauhe Oberfläche des Schnees und die darüber lagernde kalte Luft mindern die Windstärke".

„Die kältere Luft ist der Bildung und dem Beharren von Anticyklonen über einer Schneelage günstig".

„Die oft so furchtbaren Burane (Kriwitz, Purga, Schneestürme) sind bei weitem nicht immer von einem so starken Winde begleitet, dass er Beschädigungen an Gebäuden, Bäumen etc. bewirken könnte. Die schädliche Wirkung hängt von dem Schneetreiben ab, welches Menschen und Vieh ihrer Sinne beraubt".

„Wegen der Verdunstung des Schnees ist die relative Feuchtigkeit über einer Schneelage grösser als ohne dieselbe".

„Die Verdunstung von Schnee wird dadurch gemildert, dass seine Oberfläche gewöhnlich kälter ist als die Luft".

„Die Unfähigkeit des Schnees, sich über 0° zu erwärmen, hat einen grossen Einfluss auf die Lufttemperatur; daher sind die Tauwetter im Winter über einer ausgedehnten Schneelage kurz, die Temperatur erhebt sich wenig über 0° und nur, solange ein warmer Wind dauert. Bei Abflauen des Windes und Aufklären des Himmels sinkt die Temperatur rasch unter 0°. Im Frühlinge (in niedrigen Breiten auch im Winter) kommen jedoch bei Windstille und hellem Sonnenscheine Lufttemperaturen über 0° vor, solange noch Schnee liegt. In diesem Falle ist die Luft also wärmer als die Oberfläche des Schnees. Solange kein Schnee liegt, ist bekanntlich bei hellem Sonnenscheine die Oberfläche immer bedeutend wärmer als die Luft. Die oben erwähnte Erscheinung ist immer nur von kurzer Dauer und hat keinen sehr grossen Einfluss auf die mittlere Temperatur der Luft. Der

Schnee taut nicht oder fast nicht unter dem Einflusse der direkten Sonnenstrahlen, solange die Lufttemperatur unter 0° ist. Daher fängt die Schneeschmelze im grossen nur dann an, wenn eine Masse warmer Luft von schneefreiem Lande oder eisfreiem Meere die Lufttemperatur über 0° erhoben hat. Auf der nördlichen Halbkugel sehen wir also ein schrittweises Vorrücken der Schneeschmelze von Süd nach Nord und von West nach Ost, weil die Meere im Osten der beiden Kontinente kalt sind. Ohne Einfluss warmer Luft bleibt die Lufttemperatur unter 0° selbst an sonnigen Tagen des Mai und Juni in höheren Breiten bei nicht untergehender Sonne (z. B. Sagastyr, Pidleka, Nowaja-Semlja etc.). Auf der nördlichen Halbkugel sind bis in die höchsten Breiten im Sommer eisfreies Wasser und schneefreies Land einander so nahe, dass überall im Juni ein genügender Zufluss warmer Luft vorhanden ist, um die Schneeschmelze im grossen einzuleiten. Daher schmilzt auch der Schnee auf den Ebenen und an der Meeresküste während des Sommers, und die Temperatur eines oder zweier Monate ist über 0°. Dass die Erscheinung nicht überall die Regel ist, zeigen die höheren Breiten der südlichen Halbkugel, wo südlich vom 68° S auch im Hochsommer die Mitteltemperatur unter 0°, unter 78° S, sogar unter —4° ist; hier hat die warme Luft eine Entfernung von 1000 *km* über eine unter 0° abgekühlte Wasseroberfläche zurückzulegen, kühlt sich dabei erheblich ab und kann auf dem Südpolarkontinente daher keine Schneeschmelze bewirken".

„Die Schneeschmelze hat einen sehr grossen Einfluss auf die Flüsse: von ihr hängt das grosse und regelmässige Hochwasser der Flüsse des europäischen Russland und Westsibiriens ab. Die Wasserhöhe der kleineren Flüsse und Bäche im Frühlinge hängt nicht allein von der Masse des auf dem Boden liegenden Schnees ab, sondern auch von seinem mehr oder weniger raschen Schmelzen und von dem Umstande, ob der Boden auf eine grössere Tiefe gefroren ist oder nicht. In ersterem Falle ist er für Wasser undurchdringlich, und letzteres erreicht die Flüsse rasch. Ist aber tiefer Schnee auf nicht gefrorenen Boden gefallen, so dringt bei der Schneeschmelze sehr viel Wasser in den Boden, wie im Frühlinge 1888 in Zentral-Russland. Der Schnee schmilzt im Walde, besonders im Nadelwalde, später als auf dem Felde. Daher erleben hier und da kleine Flüsse zwei Hochwasser, die um 14 Tage auseinander liegen".

Die Schneeschmelze verzögert das Steigen der Temperatur im Frühlinge, und zwar um so mehr, je mehr Schnee zu schmelzen ist. April und Mai sind aus diesem Grunde in den kontinentalen Gegenden der Nordhemisphäre mit Schneedecke kälter als Oktober und September. Der Schneeschmelze wegen folgt in Russland ein kalter Frühling nicht auf einen kalten, sondern auf einen schneereichen Winter, und ein warmer Frühling auf einen schnee-

armen. Beispiele sind der schneearme Winter 1847—1848 und der schneereiche 1866—1867.

„Die Lufttemperatur auf isolierten Bergen hängt weit weniger von derjenigen der Oberfläche ab, als in Thälern und Ebenen, daher ist eine Schneelage in diesem Falle von relativ geringem Einflusse. Eine Schneelage auf Bergkämmen kühlt die Luft im Frühlinge und Sommer bedeutend ab, so dass häufig ein labiles Gleichgewicht der Luftschichten in vertikaler Richtung entsteht".

„Die Gebirgsflüsse, welche durch die Schmelze der Gletscher und Firne gespeist werden, haben auch in trockenen Jahren oft viel Wasser, weil dann mehr Firnschnee abschmilzt, als fällt. Jahre besonders ergiebigen Schneefalles in der Firnregion sind nicht immer durch grosse Wasserfälle der Flüsse begleitet, weil dann die Schneemasse der Firne erheblich zunimmt".

„Der Schnee, welcher in den Gebirgen fällt, hat einen erheblichen Einfluss auf das nachfolgende Wetter der Thäler und Ebenen am Fusse der Gebirge, und zwar nicht nur auf die Temperatur, sondern auch auf den Luftdruck und den Niederschlag (Regen). Dies ist für das nördliche Indien (durch Blanford) bewiesen und hat sich für die Vorherbestimmung des Wetters sehr wichtig erwiesen".

„Der Einfluss einer Schneelage auf den Luftdruck, die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wächst jedenfalls, wenn die mit Schnee bedeckte Gegend ausgedehnt ist. Daher sind in der Mitte ausgedehnter schneebedeckter Gebiete häufigere Anticyklonen und eine niedrigere Temperatur zu erwarten als an deren Rändern".

Die Frage, ob unser heutiges Klima im grossen und ganzen unveränderlich sei, ist früher kurzweg dahin beantwortet worden, dass kein Grund vorliege, an einer solchen Konstanz während der geschichtlichen Zeit im allgemeinen zu zweifeln. Später haben einige Forscher abweichende Ansichten geäussert, so 1882 Whitney, der einen langsamen Austrocknungsprozess der Erde behauptete, im allgemeinen gilt aber die Konstanz des Klimas stillschweigend als Thatsache.

Klimatische Änderungen der Mittelmeerländer in historischer Zeit sind manchmal behauptet worden, allein Partsch führt aus[1]), dass alle zu Gunsten dieser Behauptung vorgebrachten Argumente vor einer strengen Kritik nicht standhalten. So lückenhaft immer die Angaben der alten Schriftsteller über die Häufigkeit und Verteilung der Niederschläge in Italien, Griechenland, Palästina und Egypten sein mögen, so entsprechen sie doch im allgemeinen den Erfahrungen der Neuzeit. Partsch weist nach, dass der abflusslose Tritonsee (Schott el Djerid) zur Römerzeit denselben Umfang und Stand hatte wie heute. Die alten Städte Thusuros

[1]) Verhandlgn. d. 8. deutsch Geographentages zu Berlin 1889 p. 116.

und Nepta sind bereits im Becken selbst angelegt. Heute ist sieben Monate lang kein oberflächlicher Wasserspiegel im Schott vorhanden, sondern nur eine Wasseransammlung unter der starken, vielfach überschreitbaren Salzkruste der Beckenmitte. Das war auch im Altertume keineswegs anders. Denn es gingen zur Kaiserzeit Strassen quer durch das Becken vom Westufer zum Ostufer. Ja noch mehr, mitten im Salzsee, in der Nähe des tiefsten Punktes des Beckens, wiesen Tissot und Duveyrier den römischen Brunnen Bir Mensof nach, der auch heute noch benutzt wird. Da seine Plattform nur 2—3 Fuss über dem Niveau der Umgebung liegt, so hatte seine Errichtung durch die Römer nur dann Sinn, wenn der Salzsee auch im Altertume in der Regel trocken lag, wie dieses heute der Fall ist. Diese Thatsache spricht mit aller Entschiedenheit dafür, dass die Niederschlagsverhältnisse Tunesiens seit dem Altertume keine Änderung erfahren haben.

Begründete Zweifel konnten erst auftauchen, als die Untersuchungen der Alpengletscher deren Schwankungen in langen Perioden erkennen liessen und damit eine ebensolche Periodizität kühler, feuchter und warmer, trockener Zeiten andeuteten.

Brückner wies dann[1]), gestützt auf hydrographische Untersuchungen, analoge Schwankungen der Witterung nach. Es ergab sich, dass die gleichen Schwankungen des Regenfalles, die Lang für die Alpen nachgewiesen hatte, auch in dem gewaltigen Einzugsbecken des Kaspischen Meeres wiederkehrten. Ja noch mehr, das Gebiet der Ostsee und des Schwarzen Meeres unterliegt denselben, und die eigentümlichen, langdauernden Änderungen des Niveaus, welche an diesen Meeren auftreten. sind zum Teil nur eine Folge der mit jenen Änderungen des Regenfalles variierenden Wasserzufuhr durch die Flüsse. In den gemittelten Wasserständen der Weichsel, der Oder, der Elbe, der Weser, des Rheins, der Donau, selbst der Seine, überall spiegeln sich die Schwankungen des Regenfalles in den gleichen langen Zeiträumen deutlich ab. Kurz, in ganz Europa kehren diese säkularen Schwankungen der Witterung wieder, und die probeweise Zusammenstellung einiger meteorologischer und hydrographischer Daten lehrte, dass mehr oder minder alle Länder der Nordhemisphäre an ihnen Teil nehmen; ihre Allgemeinheit wie ihre Dauer geben das Recht, sie als Klimaschwankungen zu bezeichnen. Sieger hat dann auf Grund der Untersuchung der Schwankungen zahlreicher Seen diese Resultate zum grossen Teile bestätigt. Seitdem vermochte Prof. Brückner das einschlägige Material zu häufen und die Untersuchung auch auf die Südhemisphäre auszudehnen.

Später zeigte Brückner[2]), dass mehr oder minder alle Länder

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1888. Februarheft.
[2]) Gaea 1890. p. 95.

der Erde gleichzeitig eine regenreiche Periode und gleichzeitig eine Trockenperiode erleben. Im laufenden Jahrhunderte gruppieren sich die Maxima des Regenfalles um die Jahre 1815, 1850 und 1880, die Minima um die Jahre 1830 und 1860.

„Freilich fallen die Epochen nicht absolut gleich; so trifft das Minimum des Regenfalles bei einigen Gebieten auf 1856—1860, bei anderen auf 1861—1865, in einem Fall sogar verspätet auf 1866—1870, und analog wechselt auch etwas die Lage des Maximums. Bei keinem der hier aufgeführten Fälle aber koinzidiert ein Minimum mit einem Maximum. Kein Minimum fällt auf die Jahre 1841—1855 und 1871—1885, und kein Maximum auf die Jahre 1825—1840 und 1856—1870. Es entspricht also nicht einem Zuviel des Regenfalles in einem Gebiete ein Zuwenig in einem anderen; eine Kompensation findet auf den hier vertretenen Landmassen der Erde nicht statt. Die geringen Abweichungen von der Mittellage der Epochen sind dazu regellos und meist auf kleinere Gebiete beschränkt. Das kann aber auch gar nicht anders sein. Wie trotz der deutlich ausgesprochenen Jahresperiode eines meteorologischen Elementes, etwa der Temperatur, doch dessen Maximum je nach der momentanen Witterung etwas früher oder später im Laufe des Jahres eintritt, so auch hier.

Auch die relative Intensität der Maxima und Minima ist nicht überall gleich: in Australien ist das Maximum um 1850 stärker ausgeprägt als dasjenige der siebziger Jahre; bei einer Reihe von Gebieten sind beide Maxima gleich intensiv, während in der Mehrzahl der Fälle das Maximum um 1880 grösser ist als dasjenige um 1850.

Doch giebt es immerhin einige Gebiete, welche direkt als Ausnahmen von der Regel erscheinen. Da ist Unteritalien und Sicilien, sowie Südspanien, da ist das untere Indus- und Gangesthal, da sind ferner die östlichen der Vereinigten Staaten von Nordamerika, deren Regenfall ein Maximum in den sechziger Jahren aufweist, also in jener Zeit, welche in den übrigen Ländern durch Regenarmut ausgezeichnet ist. Analog scheint es sich mit Island zu verhalten. Ebenso bildet Schottland durch seine zum Teil äusserst verschwommenen Schwankungen eine Ausnahme, während England sich der Regel fügt. Diese Ausnahmegebiete sind jedoch, soweit der heutige Stand der meteorologischen und hydrographischen Beobachtungen dieselben zu überblicken gestattet, sehr unbedeutend gegenüber dem Gros der Landmassen, die an den Schwankungen teilnehmen.

Noch ein anderes Gesetz tritt klar und deutlich hervor: es ist die Verschärfung der Schwankung beim Vordringen in das Innere der Kontinentalmassen. In Schottland ist die Schwankung verwischt. In Deutschland ist sie deutlich, und es verhält sich die Regenmenge des trockensten Lustrums um 1860 zu derjenigen des regenreichsten Lustrums um 1880 wie 1:1.09, im östlichen

europäischen Russland wie 1 : 1.24 und in Westsibirien gar wie 1 : 2.26. Mehr als zweimal soviel Regen fiel hier in den feuchten 5 Jahren 1881—1885 als in den trockenen 1861—1865. In Ostsibirien sinkt das Verhältnis wieder auf 1 : 1.36 herab. Nicht erwehren kann man sich angesichts dieser Thatsache, besonders wenn man die Lage einiger der oben genannten Ausnahmegebiete an den Gestaden des Atlantischen Ozeans gleichzeitig ins Auge fasst, als sei der geschilderte Rhythmus der Schwankung des Regenfalles ein kontinentaler, und als könnte vielleicht die auf den Landflächen vergeblich gesuchte Kompensation auf Teilen des Ozeans stattfinden.

Der Regenfall ist nicht das einzige meteorologische Element, das rhythmische Schwankungen dieser Art aufweist. Es gelang, ganz entsprechende für die Temperatur darzuthun, und zwar war der Nachweis ein doppelter: er basierte einerseits auf der Diskussion der Register über die Dauer der winterlichen Eisdecke auf den Flüssen, andererseits auf den direkten Temperaturbeobachtungen."

Brückner findet, dass um die Jahre 1880, 1851—1855, 1816—1820, 1766—1770, 1741—1745, 1696—1700 und 1671—1675 kühle und feuchte Perioden, um die Jahre 1861—1865, 1820—1830, 1786—1790, 1756—1760, 1726—1730 und 1681—1685 warme und trockene fallen. Die Zeiträume von Maximum zu Maximum sind dabei nicht vollkommen gleich; die Klimaschwankungen vollziehen sich also in keiner strengen Periode von bestimmter Länge, und wenn wir, sagt Brückner, ihre Länge auf 36—37 Jahre angeben, so ist das nur ein Mittelwert.

Die letzte Ursache dieser Schwankungen ist völlig rätselhaft, doch glaubt Professor Brückner, dass bezüglich des Regenfalles für Europa die Schwankungen Hand in Hand mit säkularen Schwankungen des Luftdruckes gehen, diese letzteren aber sind Folge der Schwankungen der Temperatur. Die hier mitgeteilten Untersuchungen sind von der grössten Wichtigkeit, sie eröffnen ganz neue Perspektiven der weiteren Forschung, allein naturgemäss werden wir uns noch lange bescheiden müssen, genauere Einblicke zu erlangen, da die Hauptgrundlagen, nämlich lange Reihen von Temperaturbeobachtungen an möglichst vielen Orten aus früheren Zeiten, nicht in der gewünschten Ausdehnung vorhanden sind.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig.

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik.

(Astrophysik, Meteorologie, physikalische Erdkunde.)

Herausgegeben

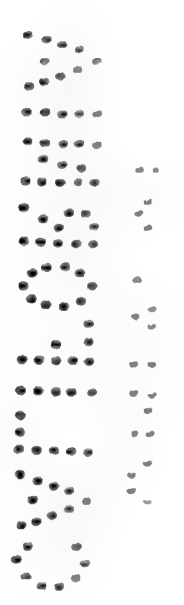
von

Dr. Hermann J. Klein.

II. Jahrgang 1891.

Mit 5 Tafeln in Lichtdruck und Lithographie sowie 1 Chromotafel.

EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandlung
Leipzig 1892.



UNIV. OF
CALIFORNIA

O.Sy. 88.

Südansicht des Pico de Teyde mit der Montaña blanca (rechts) und dem Pico viejo (links) aus c. 2250 *m* Seehöhe.

Digitized by Google

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

II. Jahrgang 1891.

Mit 5 Tafeln in Lichtdruck und Lithographie sowie 1 Chromotafel.

EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1892.

Inhaltsübersicht.

Seite.
Inhaltsübersicht . . . . III—XI

Astrophysik.

Einleitung 1

Die Sonne . . . . 3—15
Der wahrscheinlichste Wert der Sonnenparallaxe 3
Die Sonnenparallaxe nach den Heliometerbeobachtungen der deutschen Venus-Expeditionen von 1874 und 1882 . . . 3
Eine neue Berechnung der Venusdurchgänge von 1761 und 1769 4
Der Durchmesser der Sonne, nach den Untersuchungen von Auwers 5
Wilsing's Untersuchungen über das Rotationsgesetz der Sonne . . 5
Eine aussergewöhnliche Lichterscheinung auf der Sonne . . . 8
Die Sonnenprotuberanzen 1890 10
Die Spektra der Sonnenflecke nach den Beobachtungen seit 1882 auf dem Observatorium des Stonyhurst-College 10
Elemente in der Sonne nach den Untersuchungen von Rowland . 11
Studien über die Sonnenkorona von Bigelow 12
Über die Konstitution der Sonne, von O. Simony 14

Das Zodiakallicht 15

Kleine Planeten No. 302—323 18

Merkur 18
Der Merkurdurchgang am 9. Mai, beobachtet auf dem Lick-Observatorium 18

Venus . . . . 19—23
Beobachtungen der Venusflecke durch Perrotin 19
Beobachtungen der Venusflecke durch Niesten und Stuyvaert . 20
Lichtsaum um den dunklen Rand der Venus, beobachtet auf der Lick-Sternwarte 22
Durchmesser der Venus, neue Berechnung desselben von Auwers 22

Seite

Der Mond . . . . 23—32
Neue Bestimmung des Mondhalbmessers, von L. Struve . . . 23
Die Ringgebirge des Mondes, vergleichend untersucht von Ebert 24
Über die Beschaffenheit der Gesteine der Mondoberfläche . . . 29
Die photographischen Aufnahmen des Mondes auf der Lick-Sternwarte, bearbeitet von Prof. Weinek 30

Mars . . . . 32—34
Beobachtungen des Mars in der Opposition 1890, von Schiaparelli 32
Beobachtungen auf der Lick-Sternwarte 33
Die Marsmonde 1890, beobachtet auf der Lick-Sternwarte . . . 34

Jupiter . . . . 34—38
Denning's Beobachtungen der roten Wolke 34
Genaue Zeichnung der Jupiteroberfläche von Keeler 35
Anscheinende Verdoppelung des ersten Jupitermondes 35
Vorübergang des vierten Jupitermondes als schwarzer Fleck . . 36

Saturn . . . . 38—45
Beobachtungen des Saturn 1875—89 zu Washington 38
Beobachtungen der Saturnsringe 1890 zu Brüssel 39
Neue Bestimmung der Masse des Saturn, von A. Hall 41
Die Bahnen der Saturnsmonde Mimas und Enceladus 41

Neptun 45
Photographische Aufnahmen des Neptun, von J. Roberts . . . 45

Kometen . . . . 45—57
Die Kometenerscheinungen des Jahres 1890 45
Die Kometen des Jahres 1891 50
Der grosse Septemberkomet 1882 II, nach den Untersuchungen von H. Kreutz 51
Der scheinbare Zusammenhang der heliozentrischen Perihellänge mit der Perihelzeit der Kometen, nach Holetschek . . . 53
Untersuchungen über Zusammenstösse und Teilungen kosmischer Massen, von Prof. Seeliger 54

Sternschnuppen und Meteorite . . . . 57—72
Neue Untersuchungen über die Bahnen verschiedener Feuermeteore, von Prof. von Niessl 57
Die Auguststernschnuppen 1890 in Italien 68
Eigentümliche kometenartige Erscheinungen 69

Fixsterne . . . . 72—123
Der Sternkatalog der Astronomischen Gesellschaft 72
Eine photometrische Durchmusterung des Himmels, von Prof. Pickering 73
Der astrophotographische Kongress. 3. Versammlung auf der Pariser Sternwarte 1891 73

Seite

Der neue Stern des Jahres 1006 74
Neue Doppelsterne, von Burnham entdeckt 75
Der Begleiter von γ Andromedae 76
Bahnbewegung von α Virginis, von Prof. Vogel zu Potsdam aus spektralphotographischen Aufnahmen nachgewiesen . . . 77
Die auf spektrographischem Wege entdeckten Doppelsternsysteme von β Aurigae und ζ Ursae majoris auf dem Potsdamer Observatorium beobachtet 81
Die Entdeckung von Doppelsternen durch ihre Spektra 84
Die Eigenbewegung der Komponenten von 61 im Schwan, von S. W. Burnham studiert 85
Die Bewegung des Arktur in der Gesichtslinie, am 36-Zoller des Lick-Observatoriums gemessen 85
Neue Untersuchungen über die Eigenbewegung des Sonnensystems im Weltraume, von O. Stumpf 86
Fixsternsysteme höherer Ordnung 87
Die mikrometrische Vermessung des Sternhaufens χ im Perseus durch O. A. L Pihl 88
Der Sternhaufen Σ 762, von Reinhold Hahn vermessen 89
Ein Sternhaufen, der aus Nebelflecken besteht, am 36-Zoller der Lick-Sternwarte entdeckt 89
Der Ringnebel in der Leyer 90
Die Nebel in den Plejaden 92
Neuentdeckte Nebelflecke auf der Pariser Sternwarte 93
Drei neue Nebelflecke in der Nähe des Polarsternes 94
Neuer planetischer Nebel 95
Veränderlichkeit im Kerne des grossen Nebels in der Andromeda 95
Ein veränderlicher Nebelfleck nahe dem Algol 95
Photographische Aufnahme der Umgebung von Hind's veränderlichem Nebel im Stiere, von J. Roberts ausgeführt . . . 96
Grosser Nebel um den Stern ζ Orionis, von Dr. M. Wolf mit Hilfe der Photographie entdeckt 96
Grosse Nebelmassen im Sternbilde des Schwanes, von Dr. Wolf entdeckt 96
Vergleichung einiger Photographien und Zeichnungen des Orionnebels nach Professor Holden 97
Eine Eigentümlichkeit der photographischen Sternaufnahmen . 99
Photographische Aufnahme eines Teiles der Milchstrasse . . . 99
Teile des südlichen Himmels, von H. C. Russell auf der Sternwarte zu Sydney aufgenommen 100
Die Verwendung gewöhnlicher photographischer Objektive bei der Himmelsphotographie, von Dr. M. Wolf empfohlen . . . 102
Die Bewegung der planetarischen Nebel in der Gesichtslinie zur Erde hin, von Keeler untersucht 103
Das Spektrum der Wega, von Deslandres photographiert . . . 111

Seite
Das Spektrum des Veränderlichen β in der Leyer, von Prof. Pickering . . . 111
Die genaue Lage der hellen Linien in den Spektren der Wolf- und Rayet'schen Sterne im Schwane . . . 112
Veränderungen im Spektrum von R. Coronae und R. Scuti und die Spektra von R. Aurigae und R. Andromedae, von E. Espin beobachtet . . . 113
Der gegenwärtige Standpunkt der coelestischen Spektralanalyse, von Dr. Scheiner . . . 115
Versuche zur Messung der Sternenwärme . . . 120

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde . . . 123–155
Die wahrscheinlichsten Werte der allgemeinen Konstanten, welche den Erdkörper betreffen, von Prof. Harkness abgeleitet . 123
Die Messung des 52. Parallels in Europa . . . 123
Die Berechnung des westlichen Teiles der Struve'schen Erdmessung von Czenstochau bis zur englischen Küste . . . 124
Die Abweichung des Geoids vom Normalsphäroide der Erde. Untersuchungen von Dr. Hergesell . . . 125
Die Beschaffenheit des Erdinneren, von Osmond Fisher erörtert 130
Die Veränderlichkeit der Polhöhen . . . 131
Niveauschwankungen der Ozeane als eine mögliche Ursache der Veränderlichkeit der Polhöhe, von Dr. J. Lamp . . . 132
Die periodischen Änderungen der Lage der Erddrehungsaxe und der ganze Stand dieser Frage, von Prof. Förster dargelegt 135
Lotabweichungen in dem Terrain zwischen dem Jura und den Alpen . . . 141
Eine neue Methode zur Ermittelung zeitlicher Veränderungen der Lotlinien, von Prof. Dr. E. Abbe . . . 141
Schwankungen in der Richtung der Lotlinie mittels des Hengler-schen Horizontalpendels, durch Dr. v. Rebeur-Paschwitz nachgewiesen . . . 143
Die Schwerkraft im Hochgebirge, von Prof. Helmert . . . 149
Über Schwankungen in der Intensität der Schwere, von F. W. Pfaff 151
Die mittleren Erhebungsverhältnisse der Kontinente, nach Dr. F. Heiderich . . . 152

2. Oberflächengestaltung . . . 155—171
Die Bildung der Durchgangsthäler, von Hilber besprochen . . 155
Die Lage der Wasserscheide auf der baltischen Seenplatte, von K. Keilhack . . . 157
Das Problem der Wüstenbildung, von Dr. J. Walther behandelt 159
Die Wanderdünen Nordafrikas, von A. Parran studiert . . . 164
Das Karwendelgebirge, Monographie von Dr. A. Rothpletz . . 164
Die Crau-Ebene (Plaine de la Crau) . . . 168

Seite

3. Boden- und Erdtemperatur . . . . 171—177
Die Bodentemperatur in Pawlowsk bei Petersburg 171
Temperaturmessungen im Bohrloche zu Sauerbrunn 172
Die Temperaturen im Inneren der obersten Erdschichten, eine rechnerische Untersuchung von H. Fritz 173
Beobachtungen der Bodentemperatur im naturhistorischen Museum zu Paris, von Becquerel 175
Änderung der Bodentemperatur je nach der Lage, von F. von Kerner nachgewiesen 176

4. Erdmagnetismus . . . . 177—186
Bestimmung der erdmagnetischen Elemente im nordwestlichen Deutschland, von Dr. Eschenhagen 177
Die magnetischen Elemente auf Helgoland 179
Die Horizontalintensität des Erdmagnetismus zu Katharinenburg 179
Magnetische Beobachtungen im Lena-Gebiete 180
Die säkulare Variation der magnetischen Deklination in den Vereinigten Staaten 180
Magnetische Aufnahmen im östlichen Brasilien 180
Der Wert der magnetischen Elemente im Indischen Ozeane für 1890.0 und die Säkularänderungen derselben 181
Anomalien der Verteilung des Erdmagnetismus im zentralen Russland 182
Die Ursache der magnetischen Anomalien gewisser Örtlichkeiten 182
Über die magnetischen Anomalien in Frankreich und England . 183
Eine neue Theorie der Erscheinungen des Erdmagnetismus von Bigelow 184

5. Vulkanismus . . . . 186—198
Die letzte Eruption der Insel Volcano 186
Der Zusammenhang der Thätigkeit im Vesuvkrater mit derjenigen der Solfatara, nach Palmieri 187
Der Vulkan Mount Hood, von Dr. J. Röll bestiegen 187
Die Vulkane im nordöstlichen Island, von Th. Thoroddsen untersucht 189
Eine untermeerische Eruption nahe der Insel Pantellaria . . 196

6. Erdbeben . . . . 196—206
Die in Württemberg und Hohenzollern vom 1. März 1889 bis 1. März 1890 wahrgenommenen Erderschütterungen . . . 198
Erdbeben 1889 in Grossbritannien 199
Über die Erdbeben in Norwegen seit 1834 201
Die Erdbeben in Australien und Italien am 7. Juni 1891 . . . 201
Das Erdbeben von Wernoje am 28. Mai 1887 202
Erdbeben auf Island 203
Die Erderschütterungen in der Alha Verapaz 204
Erdbeben in Japan 204
Grosses Erdbeben in Japan am 27. Oktober 1891 205

Seite

7. **Strandverschiebungen, Korallenriffe, Inseln** 206–225
Die Bewegung der Strandlinien in Schweden und Finnland . . 206
Strandverschiebungen auf der Insel Sardinien 206
Alte Küstenlinien auf der Insel Mount Desert 207
Die Strandlinien rings um die grossen nordamerikanischen Seen 207
Die Theorien über die Bildung der Korallenriffe und Koralleninseln 207
Die Alandsinseln 220
Die Schlangeninsel im Schwarzen Meere 221
Die Keremadecinseln 223
Die Kurtisinseln 224
Der Macdonald-Rock 224
Raoul- oder Sunday-Inseln 224
Die Herald-Inseln 225

8. **Das Meer** 225–244
Die Bedeutung der Meeresbuchten in geophysikalischer Beziehung, von Feldmarschallleutnant A. Neuber entwickelt 225
Die Meergrundproben der Forschungsreise der „Gazelle“, von C. W. v. Gümbel untersucht 227
Angeschwemmte Bimssteine an den nordeuropäischen Küsten . 228
Die nordatlantischen Sargasso-Seen 229
Die Veränderungen der Marsch zwischen Elb- und Eidermündung in geschichtlicher Zeit 230
Tiefseemessungen im Stillen Ozeane 232
Die grösste bis jetzt ermittelte Tiefe im Indischen Ozeane . . 232
Lotungen im Nordatlantischen Ozeane 232
Die Tiefen des Mittelmeeres, durch den Dampfer „Washington“ erforscht 232
Das östliche Mittelmeer, von der Expedition der „Pola“ untersucht 232
Die Wärmeverhältnisse im Mittelländischen Meere 233
Über das Verhältnis der Wassertemperatur an der Oberfläche des Ozeans zur Temperatur der Luft darüber 236
Forschungen im Schwarzen Meere, von dem russischen Kanonenboote „Tschernomorez“ ausgeführt 236
Die Strömungen in der Strasse von Messina 240
Der Kuro-Siwo oder Japanische Strom 242

9. **Quellen** 244–246
Die Bildung der Quellen im Inneren des Kalkplateaus der „Causses“ 244
Die Lautenthaler Soolquelle 244
Die Höhlen und Mineralquellen des Büdös in Siebenbürgen . . 244
Die in der Umgebung heisser Quellen auftretende Kieselsinterbildung, nach W. H. Wood 245
Die heissen Quellen auf den Inseln Ferguson und Goulvain . . 245

Seite

10. Flüsse . . . . 246—265
Die Erosion und Transportthätigkeit eines Gebirgsstroms, welcher Gletscherzuflüsse enthält, von L. Duparc und Baeff studiert 246
Die schematische Einteilung des Flusslaufes in Ober-, Mittel- und Unterlauf, von N. Haase 248
Die Schwankungen im Wasserstande der Moldau 249
Über die physikalischen Verhältnisse der Donau, von A. Penk . 251
Die Quelle der Wolga 258
Brückner, Über das Problem des Isonzo- und Natisone-Laufes . 259
Der jetzige Zustand der Adelsberger Höhle 261
Das Delta des Parana, von S. Roth geschildert 265

11. Seen . . . . 265—275
Die Eisseen der Alpen 265
Die Bodengestaltung des Genfersees 268
Die Entstehungsgeschichte des Zürichersees, nach Prof. Heim . 269
Der Monosee und seine Umgebung, von J. C. Russell geschildert 274
Der Titicacasee 275

12. Gletscher und Glacialphysik . . . . 275—306
Prof. Ratzel, Über einige dunkle Punkte der Gletscherkunde . 277
Die Frage der Gletschererosion, von Blümcker und Finsterwalder experimentell angegriffen 282
Die Vergletscherung der österreichischen Alpen 282
Ehemalige Gletscher des Lalathales im Rodnargebirge 286
Die jetzige Zunahme der Gletscher in der Ortlergruppe, von Dr S. Finsterwalder 287
Uraltes Gletschereis im nordöstlichen Sibirien 288
Über die Gletscher des Kaukasus, nach Dinning 289
Rabot, Über die Gletscher der Polargebiete 290
Eismulden oder Tarinne 290
Die voreinstige Eisbedeckung Kanadas, von Dawson studiert . 291
Untersuchungen über die Höhe der Schneegrenze, nach L. Kurowski 292
Die Höhe der Schneegrenze in Amerika, nach Schwarze . . . 294
Die Niederschläge und Schneeablagerungen in den arktischen Gegenden, von M. Friedrich zusammengestellt 296
Die mechanischen Wirkungen des Wassereises, von E. Gaebler . 297
Über Grundeisbildung 300
Die Wirkung des Treibeises auf die Bodengestaltung der Polargebiete 302

13. Die Lufthülle. Allgemeine Zirkulation in derselben 306—314
W. v. Siemens über das allgemeine System der Luftzirkulation 306
Schematische Darstellung der Luftzirkulation nach v Bezold . . 313

14. Temperatur . . . . 314—328
Der tägliche Gang der Temperatur zu Paris an ganz heiteren und ganz trüben Tagen, von Angot untersucht 314
Die mittlere Temperatur von Paris 315

Seite
Hann, Über die Veränderlichkeit der Temperatur in Österreich . 316
Untersuchungen über die Temperatur der Luft des Waldes unter und über den Baumkronen 319
Die Temperaturabnahme mit der Höhe, bei der Fahrt des Ballons „Herder“ festgestellt 320
Temperaturumkehrungen auf dem Thüringerwalde 323
Die Temperaturumkehrungen in Nordindien im Januar 1889, von J. Elliot dargestellt 324

15. Luftdruck . . . . 328—346
Der höchste und tiefste bis jetzt beobachtete Luftdruck . . . 328
Der wahre Betrag des Luftdruckes auf der Erdoberfläche, Untersuchung von Heiderich 329
Die Verteilung des Luftdruckes auf der Erdoberfläche, von Kleiber studiert 333
Der tägliche Gang des Barometers, von Angot untersucht . . 336
Eine tägliche Periode der Monatsextreme 337
Buchan's Untersuchungen über den täglichen Gang der meteorologischen Elemente auf dem Ozeane u. s. w. 337
Das Auftreten der Barometermaxima und -minima in grossen Höhen 338

16. Nebel und Wolken . . . . 344—351
Die Nebelbildung im nördlichen adriatischen Meere 344
Wolkennamen und Wolkenformen 345
Singer's Wolkentafeln 347
Messungen der Wolkenhöhen 348
Leuchtende Nachtwolken 349

17. Niederschlag . . . . 351—358
Hellmann, Über die Aufstellung der Regenmesser 351
Die Regenverhältnisse in Mittel- und Westdeutschland vom 22. bis 24. November 1890 353
Die Beziehungen der Regengebiete zu den Gebieten hohen und niedrigen Barometerdruckes, nach Loomis 356

18. Winde und Stürme . . . . 358—377
Die Windverhältnisse auf dem Sonnblick und einigen anderen Gipfelstationen, von Pernter untersucht 358
Die Tornados Nordamerikas, nach Blasius 360
Blanford, Über die Entstehung der tropischen Cyklonen . . . 364
Die Bewegungen der tropischen Cyklonen, nach E. Hayden . . 365
Bezold, Über die Theorie der Cyklonen 367
Vertikale Luftbewegungen, am Eiffelturme beobachtet 376

19. Elektrische Erscheinungen der Erdatmosphäre . . . 377—383
Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland im Jahre 1890 377
Statistik der Blitzschläge in Belgien im Jahre 1889 377
L. de Marché, Über die Dynamik der Gewitter 378
Die Nordlichter zu Godthaab in Grönland 1882—83 380

Seite

20. Optische Erscheinungen der Erdatmosphäre . . . . 383—388
Die Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes 383
Die Dämmerungserscheinungen 1890 zu Cagliari, von Batelli beobachtet 384
Fränkel, Über die Ursache des Alpenglühens 386
Merkwürdige Gestaltsveränderungen der aufgehenden Sonne . . 387

21. Klimatologie . . . . 388—396
Die Temperaturverhältnisse in Helgoland 388
Die Temperatur in Europa während der Jahre 1886—90 . . . 389
Die Schneedecke im Europäischen Russland 1890 392
Die meteorologischen Verhältnisse im Inneren von Grönland . . 394
Die Klimaschwankungen seit dem Jahre 1700 396

Astrophysik.

Einleitung.

Auf dem Gebiete der Astronomie dauert die lebhafte Thätigkeit, deren in der Einleitung zum vorigen Jahrgange dieser Berichte gedacht wurde, unvermindert fort. Die Anwendung physikalischer Hilfsmittel und Methoden, sowie die Benutzung mächtiger Instrumente von bis dahin ungekannter optischer Kraft bringen fast Tag für Tag neue und wichtige Entdeckungen an's Licht. Das grosse Werk der photographischen Himmelskarte machte einen bedeutenden Schritt zu seiner Ausführung, einzelne Observatorien haben die Aufnahmen bereits begonnen, an den übrigen steht der Beginn dieser Thätigkeit unmittelbar bevor. Die Anwendung der Photographie auf die Aufnahme von Sternspektren hat zur Entdeckung von neuen Begleitern heller Fixsterne geführt und lässt erraten, dass diese neue Klasse von Doppelsternen im Weltraume sehr zahlreich vertreten ist. Die Photographie der Mondoberfläche hat besonders in Paris und auf dem Lick-Observatorium zu wichtigen Fortschritten geführt, ja die Bilder, welche auf Mount-Hamilton gewonnen wurden, haben zum ersten Male so viele Details ergeben, dass sie zur Auffindung von kraterförmigen Formationen führten, die selbst in der grossen Schmidt'schen Mondkarte sich nicht finden. Sonach dürfen wir hoffen, dass die Zeit gekommen ist, in welcher Detailaufnahmen von Mondlandschaften uns über etwaige Veränderungen dort mit grösserer Sicherheit Auskunft geben können, als Zeichnungen nach Okularbeobachtungen vermögen. Die Zahl der bekannten kleinen Planeten hat sich, Dank den Bemühungen der Herren Palisa in Wien und Charlois in Nizza wiederum sehr vermehrt. Zwar sind die neu entdeckten Asteroiden sämtlich sehr lichtschwach, und manche stehen auch für die mächtigsten Instrumente an der Grenze der Sichtbarkeit, allein ihre Menge scheint vorerst noch unerschöpflich zu sein, denn mit dem Eifer des Suchens wächst der Erfolg. Immer schwieriger wird es freilich, die neuen Wandelsterne rechnerisch zu verfolgen, um jederzeit ihre Identität fest-

stellen zu können, und wiederholt ist der Fall eingetreten, dass ein bereits bekannter Planetoid, nochmals für neu angesehen wurde, bis die Rechnung den Irrtum aufklärte. So schreitet die astronomische Wissenschaft in immer gewaltigerm Strome fort zu immer umfassenderen oder ungeahnten Ergebnissen. Sie verbreitet, wie Huggins in seiner jüngsten Rede vor der britischen Naturforscherversammlung zu Cardiff im August 1891 sagte, Licht, wo für unser Auge nur Dunkelheit herrscht, und liest in jenen Schwingungen, die ohne jede Wirkung auf das menschliche Sehorgan sind, die Phasen des sideralen Lebens. Dieser neue Aufschwung aber datiert von der Erfindung der Spektralanalyse und der Einführung der Photographie in die astronomische Beobachtungskunst.

Hier dürfte die geeignetste Stelle sein, um einer grossen Arbeit zu gedenken, die eine neue Berechnung der allgemeinen astronomischen Konstanten unter Berücksichtigung der neuesten und besten Bestimmungen und der Abhängigkeit der einzelnen Konstanten von einander liefert. Prof. Harkness hat dieselbe ausgeführt und veröffentlicht[1]).

Als Endergebnis seiner bezüglichen Untersuchungen giebt er folgende Werte:

Länge des Erdenjahres:

siderisch: $365^d\ 6^h\ 9^m\ 9.314^s$

tropisch: $365^d\ 5^h\ 48^m\ 46.069^s - 0.53675^s \left(\frac{t-1850}{100}\right)$

Länge des Monats:

siderisch: $27^d\ 7^h\ 43^m\ 11.524^s - 0.022671^s \left(\frac{t-1800}{100}\right)$

synodisch: $29^d\ 12^h\ 44^m\ 2.841^s - 0.026522^s \left(\frac{t-1800}{100}\right)$

Länge des Sterntages: 86164.09965 Sekunden mittlerer Sonnenzeit.

Sonnenparallaxe: $8.80905'' \pm 0.00567''$

Mittlere Distanz der Erde von der Sonne:

149340870 ± 96101 *km.*

Massen der Planeten in Teilen der Sonnenmasse:

Merkur: $\frac{1}{8374672 \pm 1765762}$ Venus: $\frac{1}{408968 \pm 1874}$

Erde + Mond: $\frac{1}{327214 \pm 624}$ Mars: $\frac{1}{3093500 \pm 3295}$

Jupiter: $\frac{1}{1047.55 \pm 0.20}$ Saturn: $\frac{1}{3501.6 \pm 0.78}$

[1]) Washington Observations for 1885, Appendix IV, Washington 1891.

Uranus: $\frac{1}{22600 \pm 36}$ Neptun: $\frac{1}{18780 \pm 300}$

Die Mondmasse ist in Teilen der Erdmasse $= \frac{1}{81.068 \pm 0.238}$

Exzentrizität d. Erdbahn $= 0.016771049 - 0.0000004245\,(t - 1850) - 0.000000001367 \left(\frac{t - 1850}{100}\right)^2$

Mondparallaxe $= 3422.54216'' \pm 0.12533''$

mittl. Entfernung des Mondes von der Erde $= 384396.01 \pm 15.96$ *km*.

Exzentrizität der Mondbahn $= 0.054899720$.

Neigung der Mondbahn $= 5^0\ 8'\ 43.3546''$

mittlere Bewegung der Mondknoten in $365^1/_4$ Tagen:

$= -19^0\ 21'\ 19.6191'' \pm 0.14136'' \left(\frac{t - 180}{100}\right)$

Konstante der Nutation $= 9.22054'' \pm 0.00000904''\ (t - 1850)$

Konstante der Aberration $= 20.45451'' \pm 0.01258''$

Lichtgleichung $= 498.006^s \pm 0.308^s$

Lichtgeschwindigkeit in der Sekunde $= 299877.64 \pm 80.02$ *km*.

Die Sonne.

Der wahrscheinlichste Wert der Sonnenparallaxe ist, nach Prof. Harkness, oben bereits angegeben worden. Die Berechnung der beim Venusdurchgange vom 6. Dezember 1882 von nordamerikanischer Seite mit den grossen Photoheliographen erhaltenen Aufnahmen hat, ebenfalls nach Prof. Harkness, folgendes ergeben:

Aus den Positionswinkeln, gemessen an 1426 Photogrammen, findet sich diese Parallaxe $= 8.772'' \pm 0.050''$. Aus den Distanzen, gemessen an 1475 Photogrammen, ergiebt sie sich $= 8.847'' \pm 0.0122''$, im Mittel aus beiden $= 8.842'' \pm 0.019''$, also etwa $0.03''$ von dem oben angeführten wahrscheinlichsten Werte abweichend.

Die Sonnenparallaxe nach den Heliometerbeobachtungen der deutschen Venus-Expeditionen von 1874 und 1882. Die definitive Bearbeitung der Beobachtungen, welche die deutschen Expeditionen zur Ermittelung der Sonnenparallaxe durch Heliometermessungen gelegentlich der beiden Vorübergänge des Planeten Venus vor der Sonne angestellt haben, ist von Herrn Professor Auwers ausgeführt und soeben veröffentlicht worden.

Es waren bei jedem der beiden Vorübergänge deutscherseits 4 Stationen mit kleineren Fraunhofer'schen Heliometern besetzt, nämlich:

1874 Tschifu, Kerguelen-Insel, Auckland-Insel, Mauritius.

1882 Hartford, Aiken, Bahia Blanca, Punta Arenas.

[1]) Astr. Nachr. Nr. 3066.

Bei dem ersten Durchgange wurden 308, bei dem zweiten 446 Messungen des Abstandes zwischen Sonnen- und Venusrand ausgeführt. Als Resultat der Ausgleichungsrechnung findet Herr Auwers für die Sonnenparallaxe, aus dem Durchgange 1874 den Wert 8.873″ + 0.062″, aus dem Durchgange von 1882 den Wert 8.883″ + 0.037″. Das wahrscheinlichste, auf 751 Messungen beruhende Gesamtresultat für die Sonnenparallaxe wird: 8,880″ mit dem mittleren Fehler + 0.032″. Herr Professor Auwers bemerkt, dass ihn dieser Wert durch seine Grösse überrascht habe, nachdem sich eine grössere Anzahl, und zwar gerade von den anscheinend sichersten unter den neuen Bestimmungen nahe um einen Mittelwert 8.80″ gruppiert hatte. Die vollkommene Übereinstimmung der Heliometerbeobachtungen 1874 und 1882 ist natürlich zufällig, und die verbleibende Unsicherheit 1874 wegen ungünstiger Verteilung der Beobachtungen auf die beiden Halbkugeln der Erde beträchtlich, auch 1882 ist der mittlere Fehler ziemlich gross geblieben, doch erhält das Gesamtresultat ein beträchtliches Gewicht. „Da dasselbe“, sagt Herr Auwers, „eine Vergrösserung des Newcomb'schen Parallaxenwertes anzeigt, während mehrfache andere gleichfalls gewichtige Bestimmungen eine Verkleinerung verlangen, wird man wahrscheinlich schliesslich noch bei Newcomb's 8.848″ stehen zu bleiben haben, mit welchem Werte obiges Resultat gerade noch innerhalb seines berechneten mittleren Fehlers übereinstimmt.“ Herr Auwers hebt hervor, dass die hier aus dem Durchgange von 1882 erhaltenen Resultate sich in ausgezeichneter Übereinstimmung mit den Resultaten der photographischen Aufnahmen dieses Durchgangs durch die amerikanischen Expeditionen befinden. Nach den bis jetzt über Prof. Harkness' Bearbeitung bekannt gewordenen Angaben nimmt dieser als wahrscheinlichsten Wert der Sonnenparallaxe an: 8.842″ + 0.019″. Der aus Prof. Harkness' Ausmessung der amerikanischen Photographien von 1874 durch Prof. Todd abgeleitete, auf 213 Platten beruhende Wert der Parallaxe (aus den Distanzen: 8.888″, nach den Positionswinkeln: 8.873″) stimmt fast genau mit dem Resultate der Heliometermessungen überein, indes scheint es, dass hier auf das Zusammentreffen kein Gewicht gelegt werden dürfe, weil der Grad der Verlässlichkeit der Todd'schen Resultate nicht bekannt ist.

Eine neue Berechnung der Venusdurchgänge von 1761 und 1769 behufs Ableitung der Sonnenparallaxe hat Prof. S. Newcomb ausgeführt [1]). Er findet als definitiven Wert der Sonnenparallaxe aus beiden Venusdurchgängen des vorigen Jahrhunderts: 8.79″ + 0.051″, in sehr

[1]) Astr. Papers prepared for the use of the American Ephemeris Vol. II, Part. V. Washington 1890.

guter Übereinstimmung mit dem von Harkness als wahrscheinlichsten bezeichneten Werte von 8.809″.

Durchmesser der Sonne. Herr A. Auwers hat es unternommen, die wahrscheinlichsten Werte dieses Durchmessers gemäss den Messungen an den deutschen Stationen zur Beobachtung der Venusdurchgänge von 1874 und 1882, sowie nach einigen anderen Messungen an den kleinen Fraunhofer'schen Heliometern, abzuleiten. Er teilt[1]) die Mittelwerte der einzelnen Reihen vollständig mit und findet zuletzt als Mittelwert für den scheinbaren Winkeldurchmesser der Sonne in mittlerer Entfernung von der Erde: 1919.26″ mit einem mittleren Fehler von etwa 0.10″. Da nun in der nämlichen Entfernung die Sonnenparallaxe 8.88″ beträgt, der äquatoriale Erddurchmesser also 17.76″ gross erscheint, so ist der Sonnendurchmesser 108.07″ mal grösser als der Durchmesser der Erde im Äquator. Die heliometrischen Messungen haben, wenn man den obigen Mittelwert zu Grunde legt, ganz erhebliche persönliche Gleichungen der einzelnen Beobachter gezeigt, indem die Abweichungen einzelner Beobachtungsreihen von jenem Mittelwerte bis auf 0.8″, ja selbst auf 1″ steigen. Abgesehen davon hat dagegen die heliometrische Messung sich in hohem Grade von allen Nebenumständen der Beobachtung (Ruhe und Schärfe der Bilder, Beschaffenheit des Himmelsgrundes, Farbe der Blendgläser) unabhängig gezeigt. Eine Abplattung der Sonnenscheibe oder überhaupt eine Abweichung ihrer Gestalt vom Kreise ist nicht mit Sicherheit in den Messungen nachzuweisen. „Es wäre zu wünschen“, sagt Herr Auwers, „dass der hier für den Sonnendurchmesser gefundene Wert von 1919.26″ allgemein zu Grunde gelegt würde, bis man ihn durch einen noch genaueren ersetzen kann.“ Übrigens kann er höchstens nur zu gross sein, um so mehr sind die bis jetzt angenommenen Werte für den Sonnendurchmesser zu gross, teilweise um mehr als 4.7″.

Untersuchungen über das Rotationsgesetz der Sonne hat Wilsing angestellt. Durch die Beobachtungen von Carrington ist zuerst erwiesen worden, dass die Sonnenflecke in den verschiedenen Breiten auf der Sonnenoberfläche eine verschiedene Rotationsdauer der letzteren liefern, und zwar so, dass die Flecke in der Nähe des Sonnenäquators eine kürzere Rotationsdauer ergeben, als diejenigen höherer Breiten. Die Rotationsdauer nimmt mit der Breite zu, und Carrington sowohl als Spörer haben Formeln aufgestellt, um aus der Breite die Rotationsdauer zu berechnen. Diese Formeln sind lediglich Resultate der Beobachtung und lassen die Ursache der Erscheinung völlig unbestimmt. Auch sind über die letztere verschiedene Hypothesen aufgestellt worden; so von Faye, der meint, dass die Ursache in vertikalen Strömen zu suchen sei, welche aus dem Innern des Sonnenkörpers

[1]) Astr. Nachrichten Nr. 3068.

nach der Oberfläche gerichtet sind, während Young umgekehrt glaubt, dass die Erscheinung ihr Entstehen dem Herabsinken abgekühlter Massen aus den oberen Schichten der Sonnenatmosphäre verdanke. Nunmehr hat Herr Wilsing eine neue Theorie aufgestellt und mathematisch durchgeführt [1]), welche von wesentlich anderen Gesichtspunkten ausgeht. Er unternimmt nämlich den Nachweis, dass sich das Rotationsgesetz der Sonne unter gewissen Voraussetzungen als eine den äusseren Schichten eigentümliche Bewegung auffassen lässt, welche den Rest einer ursprünglich vorhandenen Strömung bildet. Er nimmt an, dass die Sonne aus einem Zentralkörper besteht, dessen Teile sämtlich mit gleicher Winkelgeschwindigkeit rotieren, und aus einer denselben umgebenden Hülle, welche eine Rotationsbewegung um dieselbe Axe besitzt, und deren Umdrehungsgeschwindigkeit im allgemeinen verschieden ist nach dem Abstande vom Mittelpunkte und nach der Temperatur; nur an der Oberfläche des Zentralkörpers nimmt die Hülle den dem Zentrum angehörigen Wert an. Wenn nun Änderungen der Geschwindigkeit nur infolge der inneren Reibung stattfinden, und vertikale Strömungen zunächst ausgeschlossen sind, so tritt infolge dessen eine Ausgleichung der Strömungsunterschiede in der Atmosphäre ein, deren zeitlicher Verlauf untersucht werden kann. Eine ähnliche Untersuchung für das Wasser hat, als Beitrag zur Theorie der Meeresströmungen, Zöppritz bereits ausgeführt. Er zeigte, welche Bewegungen eine unbegrenzte, anfänglich ruhende, ebene Flüssigkeitsschicht unter dem Einflusse beständiger, nur auf die Oberfläche wirkender Kräfte annimmt, wenn in der Flüssigkeit innere Reibung stattfindet; die Resultate in betreff des zeitlichen Verlaufes der Bewegung für eine bestimmte Schicht der Flüssigkeit waren analog den von Herrn Wilsing für seine Aufgabe abgeleiteten.

Die für seine mathematische Ableitung gemachte Voraussetzung und die Folgerungen derselben fasst Wilsing wie folgt zusammen: „Die Sonne besitzt eine ausgedehnte Hülle, in welcher Temperatur und Dichtigkeit mit der Entfernung vom Mittelpunkte abnehmen. Die in der Mitte zunächst befindliche Masse rotiert wie ein starres System, d. h. ihre Teilchen besitzen merklich gleiche Winkelgeschwindigkeit. Die Begrenzung des so definierten Zentralkörpers fällt nicht mit der Fläche, welcher die Flecke angehören, zusammen, sein Durchmesser ist kleiner als der Durchmesser dieser Fläche. Die ihn umhüllende Materie bewegt sich um dieselbe Axe, doch hat sie auf verschiedenen Parallelkreisen verschiedene Winkelgeschwindigkeit. Die Unterschiede der mittleren Winkelgeschwindigkeit werden in den Bewegungen der Flecke wahrnehmbar. Wesentlich durch den fortdauernden Einfluss der inneren Reibung werden die bestehenden atmosphärischen

[1]) Astr. Nachrichten No. 3039.

Strömungen allmählich vernichtet, doch ergeben sich für die Zeiträume, innerhalb welcher die Geschwindigkeit sich um einen merkbaren Betrag ändert, wahrscheinliche Grenzwerte, gegen welche die Zeit, für welche Beobachtungen vorliegen, verschwindend klein ist, und welche den betrachteten Bewegungszustand als eine der Entwickelungsstufe der Sonne eigentümliche Erscheinung säkularen Charakters erkennen lassen."

Weiter sucht Wilsing zu zeigen, dass die Periodizität der Sonnenflecke auf bestimmte mechanische Vorgänge zurückzuführen ist, welche in der Konstitution der Sonne selbst ihre Begründung finden. Er nimmt, wie bereits erwähnt, an, dass die Temperatur der Sonne nach innen zunimmt, und dass sie dort eine solche Höhe erreicht, dass sie oberhalb des kritischen Punktes der in der Sonne beobachteten Substanzen liegt. Der Sonnenkörper kann daher weder einen flüssigen, noch einen festen Zustand besitzen, sondern muss aus einem Gase bestehen, das bei den ausserordentlich hohen Temperaturen und dem gesteigerten Drucke Eigenschaften zeigt, welche bei gewöhnlichen Verhältnissen wenig hervortreten. Da nämlich der innere Reibungskoeffizient der Gase proportional der absoluten Temperatur zunimmt, so wird das Gas mit Rücksicht auf den gegen Bewegung geleisteten Widerstand (nach Young) mit Pech zu vergleichen sein. Tritt nun im Sonnenkörper eine Massenverschiebung ein, wie solche auch durch die (keineswegs immer ganz gleichmässige) Zusammenziehung infolge der Abkühlung bedingt sein kann, dann muss, selbst wenn zu einer bestimmten Zeit die Rotation um die kleinste Hauptträgheitsaxe stattgefunden hätte, das Zusammenfallen der Umdrehungsaxe mit der Symmetrieaxe bald gestört werden. Die bewegliche Masse strebt allerdings diese Störung auszugleichen und einen Gleichgewichtszustand herbeizuführen, in dem wiederum beide Axen zusammenfallen; allein die Reibung setzt der Bewegung einen Widerstand entgegen, welcher die Ausgleichung verzögert und das Anwachsen der Gleichgewichtsstörung bis zu einem bestimmten Betrage ermöglicht. Bei der Erde fand die Ausgleichung der in dieser Weise entstehenden Spannungen, nach Darwin, durch Erdbeben, hauptsächlich zu den Epochen statt, wo die Hauptträgheitsaxe den grössten Winkel mit der Umdrehungsaxe einschloss. Analog hat man im vorliegenden Falle bei der Sonne den Anlass zur Entstehung einer Periode im Zusammenwirken zweier Vorgänge zu suchen, in einer Störung durch fortschreitende Veränderungen, welche einen säkularen Charakter tragen und Verschiebung der Rotationsaxe gegen die Symmetrieaxe bewirken, und in einer plötzlich einsetzenden Ausgleichung, wenn die innere Reibung den Kräften, welche auf Herstellung des Gleichgewichtszustandes gerichtet sind, nicht mehr Widerstand zu leisten vermag. Die äusseren Reaktionen dieser Vorgänge werden wesentlich durch die Sonnenflecke und

Protuberanzen bemerkbar, die demgemäss in bestimmten Perioden auftreten. Durch Nebenumstände kann freilich die Regelmässigkeit des Verlaufs beträchtlich modifiziert werden, so dass nur in den Mittelwerten einer grösseren Zahl von Perioden eine Übereinstimmung zu erwarten ist.

Eine aussergewöhnliche Lichterscheinung auf der Sonne hat E. L. Trouvelot beobachtet. Am 17. Juni 1891 $10^h\ 16^m$ mittlere Zeit von Paris hatte er das Sonnenbild auf einen Schirm projiziert, als seine Aufmerksamkeit durch eine ungewöhnliche Lichterscheinung, welche von allem, was er je an der Sonne gesehen, abwich, erregt wurde. Gegen den westlichen Rand der Sonne hin sah man einen leuchtenden Fleck, der auf dem Rande etwa einen Winkel von 3^0 umspannen mochte und an Glanz die hellsten Fackeln, welche er jemals gesehen, weit übertraf. Das Licht war nicht weiss wie dasjenige der Fackeln, sondern gelblich und hatte einige Ähnlichkeit mit demjenigen der Glühlampen, ehe sie das Maximum ihrer Helligkeit erlangen; es war unzweifelhaft eine Erscheinung der Absorption, vielleicht verursacht durch die beträchtliche Dicke der Sonnenatmosphäre am Rande. Dieses Licht unterschied sich auf den ersten Blick von demjenigen der hellsten Fackeln; es glich vielmehr einer Flamme, die dort auf dem dunklen Hintergrunde der Sonne glühte. Der erste Eindruck, sagt Trouvelot, war, dass ich an eine Täuschung glaubte und meinte, es käme vielleicht dunkles Sonnenlicht durch irgend eine kleine Öffnung beim Okulare auf den Schirm, doch überzeugte ich mich bald, dass es sich um eine wirkliche Erscheinung an der Sonne handle. In der That erschien etwa 1 Minute später etwas nördlich von diesem Objekte eine Art von schmaler Fackel, parallel dem Sonnenrande, von dem sie ein wenig entfernt war und $5^0 - 6^0$ lang. Dieses Objekt, obgleich etwas weniger blendend als das erste, strahlte das nämliche Licht aus. Längs seinem inneren Rande sah man einige kleinere, dunkle Punkte, ähnlich denjenigen, die man oft am Rande der Fackeln sieht, wenn diese nahe dem Sonnenrande stehen. Nachdem zwei oder drei Minuten bei Beobachtung dieser Erscheinungen verstrichen waren, befestigte ich das Spektroskop rasch am Fernrohre, und zwei Minuten später beobachtete ich zwei Phänomene, von denen das eine im Positionswinkel von 281^0, das andere zwischen 286^0 und 292^0 lag. Das erstere Phänomen zeigte sich als Zentrum einer Eruption, aus dem eine Art vulkanischer Bomben von aussergewöhnlicher Glut emporstiegen und sich bis zur Höhe von 2′ oder 3′ über die Chromosphäre erhoben, wo sie wie aufgehängt blieben und ähnlich blendenden Kugeln erschienen auf dem rötlichen Grunde, auf dem sie sich projizierten.

Trotz des blendenden Glanzes dieser Eruption war ich doch in meiner Erwartung getäuscht, und es wurde mir klar, dass die Lichterscheinung innerhalb der paar Minuten, die ich zur Be-

festigung des Spektroskops gebraucht hatte, merklich schwächer geworden sei. Um mich hiervon zu überzeugen, entfernte ich das Spektroskop und brachte ein gewöhnliches Okular an seine Stelle, worauf das Sonnenbild wiederum projiziert wurde. Nunmehr sah ich darauf in dem hellen Glanze nichts Ungewöhnliches mehr, ja selbst nicht die schwächste Spur einer Sonnenfackel. Nachdem ich dies festgestellt, brachte ich das Spektroskop von neuem an seine Stelle. Die Protuberanz hatte jetzt noch völlig den früheren Glanz, aber die leuchtenden Kugeln waren ersetzt durch zahlreiche, sehr helle Fäden, welche sich bis zu noch grösserer Höhe erhoben. Ungeachtet des lebhaften Glanzes dieser Protuberanz zeigten sich im Spektrum doch nur sehr wenige Linien umgekehrt. Ausser den gewöhnlichen Linien C, D_3, F und G, welche sehr glänzend erschienen, sah man nur die Linie 6676.8 im Rot, die kleine Gruppe b im Grün und eine nicht sicher zu identifizierende Linie in blau, vielleicht 4394.8. An den beiden Natriumlinien D_1 und D_2 war nicht die geringste Andeutung von Umkehr zu bemerken. Um 10^h 24^m erreichte der höchste Lichtfaden der Protuberanz 5′ 24″. Unter ihm sah man eine diffuse Helligkeit ohne bestimmte Struktur, auch verminderten die Dünste unserer Atmosphäre beträchtlich die Helligkeit der Erscheinung.

Diese Protuberanz verursachte beträchtliche Verschiebungen der C-Linie und der übrigen, Verschiebungen sowohl nach der brechbareren als der minder brechbaren Seite. Im unteren Teile der Protuberanz, wo die Verzerrungen der Linien am grössten waren, erreichten die Abweichungen 9.5 Zehnmilliontel Millimeter der Wellenlänge; in halber Höhe verursachte einer der Lichtfäden eine etwas geringere Abweichung. Um Mittag war die Eruption etwas weniger heftig; allein die leuchtenden Fäden glänzten noch lebhaft und waren sehr hoch über der Chromosphäre.

Am 18. Juni $9^1/_2{}^h$ morgens war die eruptive Energie der Protuberanz noch immer stark, und die Auswürfe erreichten eine grosse Höhe. Sie veränderten rasch ihre Form, indem die Aktivität der Erscheinung zu- und abnahm. Wenn sie zunahm, erschienen die Auswürfe, die sehr scharf sich darstellten, bis zu einer gewissen Höhe ihrer Basis parallel. Es schien, als seien sie elastisch und wie aus einer schmalen Öffnung unter starkem Druck herausgetreten. Nachdem sie, fast parallel, eine gewisse Höhe erreicht hatten, beschrieben sie Bogen, teils höher, teils tiefer, und stürzten in allen Richtungen auf die Sonne hinab. Als die Aktivität sich verminderte, schien der obere Teil der Fäden sich zu erweitern und bot mehr und mehr den Anblick der sogenannten nichteruptiven Protuberanzen dar. Um 2^h 45^m war völlige Ruhe eingetreten, und jede Spur der eruptiven Protuberanz verschwunden."

In der Litteratur über die Sonne finden wir nur die beiden gleichzeitigen Beobachtungen von Carrington und Hodgson vom 1. September 1859, welche einige Ähnlichkeit mit der eben beschriebenen Erscheinung gehabt haben mögen. Gleichzeitig mit der Eruption von 1859 wurde eine heftige magnetische Störung zu Kew beobachtet, und in der folgenden Nacht traten Nordlichter auf.

Die Sonnen-Protuberanzen sind während des Jahres 1890 an 88 Tagen von J. Evershed beobachtet worden [1]). Das benutzte Instrument war ein $2^1/_2$-zolliger Refraktor mit einem Spektroskop das aus 6 kleinen Hilger'schen Prismen besteht. Der Spalt des Spektroskops ist halbkreisförmig, so dass er genau den Sonnenrand deckt und bei entsprechender Öffnung des Spaltes die Chromosphäre und die Protuberanzen auf einem Bogen der Sonnenoberfläche von 100 Grad gleichzeitig gesehen werden können. Die Gesamtzahl der Protuberanzen war 436; in der ersten Jahreshälfte erschienen etwa $^1/_3$ weniger als in der zweiten, der Zuwachs betrifft hauptsächlich die südliche Hemisphäre der Sonne. Nur einmal, am 19. Januar, war keine Protuberanz zu sehen, und die Chromosphäre erschien überall ungestört. Die meisten Protuberanzen erschienen zwischen 40° und 50° nördlicher und zwischen 45° und 55° südlicher heliographischer Breite, während die meisten Flecke nicht unter 22° nördlicher und südlicher Breite auftraten. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Protuberanzen und Flecken ist nicht angedeutet, nur selten wurden Protuberanzen gesehen, welche die Flecke am Sonnenrande begleiteten. Der grosse Fleck vom Juni 1889 war am 28. jenes Monats am Sonnenrande; damals sah der Beobachter eine geringe Anzahl kleiner, heller Flammen etwas nördlich vom Zentrum des Flecks, während über dem Kerne des letzteren eine deutliche Vertiefung in der Kontur der Chromosphäre bemerkbar war. Diese Wahrnehmung ist sehr wichtig und, so viel mir in diesem Augenblicke erinnerlich, die erste ihrer Art. Die Beobachtungen der Protuberanzen wurden angestellt mit dem Lichte der C-Linie des Spektrums, da mit F die Details nicht so gut erkennbar waren und noch weniger mit G. Die mitgeteilten Beobachtungen zeigen, welche interessanten Beobachtungen schon mit geringen optischen Hilfsmitteln erhalten werden können, wenn der Beobachter selbst umsichtig und ausdauernd ist.

Die Spektra der Sonnenflecke sind seit 1882 auf dem Observatorium des Stonyhurst-College fleissig beobachtet worden, und über die Ergebnisse berichtete A. L. Cortie [2]). Die Beobachtungen geschahen mit einem Browning'schen automatischen

[1]) Journ. British astr. Society 1891 Juni. p. 184.
[2]) Monthly Not. Roy. astr. Soc. 1890. **51.** p. 76.

Spektroskope und erstreckten sich auf den Teil des Spektrums zwischen den Linien B und D. In den Jahren 1882—86 war die Sonnenthätigkeit sehr lebhaft, während sie von da ab bis 1889 schwach blieb. Die Diskussion der Beobachtungen an 90 Flecken ergab, dass die von einem Flecke veranlasste Absorption in den verschiedenen Regionen des Spektrums ungleich ist. In zwei oder drei Fällen war sie im roten Teile so stark, dass sie die Linien verdeckte. Von 53 beobachteten Eisenlinien war in der Maximalzeit der Flecke nur eine einzige stärker verbreitert, 3 sehr stark, d. h. auf das Doppelte der normalen Breite, 14 in der Zeit der Fleckenabnahme, während deren man überhaupt mehr stärker verbreiterte Linien sah als in der Epoche des Fleckenmaximums. Von 11 Linien des Titans waren 7 sehr stark verändert in den Flecken sowohl während des Maximums als im Minimum. Am meisten waren die schwächsten Fraunhofer'schen Linien verändert. Einige von den Titanlinien waren sehr ausgesprochen in dem Spektrum der Fleckenhöfe.

Die Calciumlinien zeigten während der Minimumperiode eine stärkere mittlere Verbreiterung, doch war ihre Änderung im allgemeinen nicht sehr gross. Die vier starken Natriumlinien (mit Einschluss der D-Linien) waren bedeutend mehr verändert in den grossen Flecken der Maximumperiode. Barium-, Nickel- und Manganlinien wurden niemals unter den am stärksten verbreiterten gefunden.

Was die Linien unbekannten Ursprunges betrifft, so wurde in der Maximumperiode eine grosse Zahl von schwachen Linien, die nicht bei Ångström vorkommen, in den Sonnenflecken gesehen; sie erschienen aber auch in den Flecken der Minimumperiode, wenn dieselben gross waren. Einige blasse Linien wurden in jedem Sonnenflecke ohne Ausnahme stark verbreitert gefunden.

Die C-Linie (Wasserstoff) war in der Regel, aber keineswegs immer, auf den Sonnenflecken weniger dunkel oder unverändert. Mehrere von Ångström als „tellurische" bezeichnete Linien waren auf den Sonnenflecken verbreitert.

Elemente in der Sonne. Der Nachweis der Identität von chemischen Elementen in der Sonnenatmosphäre mit solchen, die auf der Erde bekannt sind, gründet sich auf die Übereinstimmung in Lage und Intensität ihrer charakteristischen Linien. In dieser Beziehung hat Henry A. Rowland seit einiger Zeit höchst genaue Untersuchungen angestellt, in welchen die Spektra der chemischen Substanzen gleichzeitig mit dem Sonnenspektrum photographiert wurden, und die Linien mittels einer Maschine gemessen worden sind, welche noch 0.01 einer Ångström'schen Einheit giebt. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, doch hat Herr Rowland einige vorläufige Ergebnisse bereits

publiziert [1]. Hiernach ist folgendes zur Zeit der Stand der Sache. Elemente, welche in der Sonne sicher nachgewiesen sind: Eisen (über 2000 Linien), Nickel, Titan, Mangan, Chrom, Kobalt, Kohlenstoff (200 Linien), Vanadium, Zirkonium, Cer, Calcium (75), Scandium, Neodymium, Lanthan, Yttrium, Niobium, Molybdän, Palladium, Magnesium (20), Natrium (11), Silicium, Strontium, Baryum, Aluminium (4), Kadmium, Rhodium, Erbium, Zink, Kupfer (2), Silber (2), Beryllium (2), Germanium, Zinn, Blei (1), Kalium (1).

Zweifelhafte Sonnenelemente: Iridium, Osmium, Platin, Ruthenium, Tantal, Thorium, Wolfram, Uran.

Im Sonnenspektrum sind nicht vertreten: Antimon, Arsen, Wismut, Bor, Stickstoff, Caesium, Gold, Indium, Quecksilber, Phosphor, Rubidium, Selen, Schwefel, Thallium, Praseodymium.

Noch nicht untersucht sind die Elemente: Brom, Chlor, Jod, Fluor, Sauerstoff, Tellur, Gallium, Holmium, Thulium, Terbium u. s. w.

Unter den in der Sonne nachgewiesenen Elementen dürften als neu hervorzuheben sein: Silicium, Vanadium, Scandium, Yttrium, Zirkonium, Beryllium, Germanium und Erbium. Zu den im Sonnenspektrum nicht gefundenen Elementen ist zu bemerken, dass oft Elemente zu dieser Gruppe gestellt worden sind, weil sie im Spektrum des Bogenlichtes, das zur Untersuchung benutzt wurde, nur sehr wenig oder gar keine starke Linie innerhalb des Bereiches des Sonnenspektrums besitzen. So z. B. besitzt Bor nur zwei starke Linien bei der Wellenlänge 2497. Wenn daher auch die Linien dieser Elemente nicht im Sonnenspektrum erscheinen, so ist damit die Abwesenheit der Elemente in der Sonne nicht erwiesen.[1]

Studien über die Sonnen-Korona. Prof. J. H. Bigelow hat [2] eine interessante Untersuchung über die Sonnen-Korona veröffentlicht, in welcher er das Gesetzmässige im Auftreten der Strahlen und überhaupt der Gestalt der Korona nachzuweisen unternimmt. Er enthält sich dabei zunächst noch jeder Vorentscheidung in der Frage nach der physikalischen Natur der Sonne und ihrer Hüllen. Nur an die wohl unabweisbare Annahme gewaltiger elektrischer Vorgänge in der Sonne anknüpfend, stellt er als Grundlage der Untersuchung folgendes physikalische Problem hin. Eine Kugel ist mit polaren magnetischen oder elektrischen Kräften ausgestattet, die entweder alle um eine bestimmte Axe symmetrisch gruppiert sind oder eine solche Verteilung besitzen, dass sie sich (in positive und negative geschieden) um zwei Pole ordnen, welche die Durchschnitte zweier nahe ent-

---

[1]) John Hopkins University Circulars 1891. **10.** No. 85.
[2]) American Journ. of Sc. 1890. [3.] **40.** p. 349.

gegengesetzter Axen mit der Kugel sind. Die Wirkung der Kugel auf einen Punkt im Raume kann dann entweder so berechnet werden, als ob das ganze Agens durch einen kleinen Magnet im Zentrum der Kugel ersetzt wäre, oder als ob dasselbe derart auf der Oberfläche der Kugel sich anordne, dass seine Dichtigkeit an den Polen ein Maximum ist und von da, proportional dem Kosinus der Poldistanz, abnimmt, um in dem korrespondierenden Äquator Null zu werden. Beide Hilfsvorstellungen führen übrigens zu derselben mathematischen Form der Gleichungen des wichtigsten Elementes, worauf es hier ankommt, der sogenannten Kraftlinien. Herr Bigelow entwickelt diese Gleichungen, sowie eine Reihe von Hilfsformeln, welche zur wirklichen Verfolgung der Koronastrahlen notwendig sind. Er kann damit insbesondere die Lage der Pole der Korona, sowie auch die Poldistanzen bestimmen, in welchen die einzelnen Strahlen von der Sonnenoberfläche aufsteigen. Die Anwendung seiner theoretischen Untersuchungen bei der Ausmessung der ihm zur Verfügung stehenden Platten führte ihn nun zu folgenden Ergebnissen. Die Kraft, welche der Erscheinung zu Grunde liegt, scheint eine abstossende zu sein, deren Wirkungsgesetz abhängt von der Poldistanz, unter der die Strahlen die Oberfläche der Sonne verlassen. Sie ist jedenfalls hinreichend zur Weiterführung fein verteilter Masse, wie sie allein in jener Gegend vorausgesetzt werden kann, wenn man beachtet, dass die Sonnenhülle keinen störenden Einfluss ausübt auf Kometen, die innerhalb ihrer Grenzen die Sonnennähe passieren. Die einzelnen Strömungen (Strahlen, Kraftlinien) gruppieren sich in eine Zone von etwa 10° Breite, deren Dichtigkeitsmaximum in 34° Distanz vom nächsten Koronapol liegt. In der Nähe der Pole liegen keine sichtbaren Strahlen, so dass also eine gewisse Ähnlichkeit besteht zwischen Korona und terrestrischem Polarlichte Die Zahl der Einzelstrahlen ist nicht gross, aber ihre individuelle Ausdehnung eine ausserordentliche. Die mittlere sichtbare Erstreckung eines Strahles ist etwa gleich einem Sonnenradius. Die Strahlen bilden Kurven, welche sich nach der Sonne zurückbiegen, und an deren höchsten Stellen keine Lichtentwickelung wahrzunehmen ist, so dass also, wenn dort eine Kondensation eintritt, die Bedingungen zum Herabsturze abgekühlter Massen gegeben wären, die einige als die Ursache der Erscheinung der Flecken ansehen. Übrigens ist die Stelle grösster Dichtigkeit der Koronastrahlen auch die Stelle geringster Dichtigkeit (bezw. des Fehlens) der Protuberanzen. Herr Bigelow macht darauf aufmerksam, dass dieses Zusammentreffen vielleicht auf einen möglichen Zusammenhang beider Erscheinungen hinweisen könnte. Die physikalische Bedeutung der umbiegenden Form der Strahlen dürfte wohl die von Strömungen sein, welche von den Polen nach den Äquatorialgegenden gerichtet sind. Jene gewissermassen kondensierten

Lichtkörper, die man beiderseits in etwa 40° Abstand von den Polen sieht, sind offenbar nichts anderes als perspektivisch gesehene Teile der Maximalzone, und das ganz strukturlose Licht in der Äquatorgegend wird eine schwebende Masse sein, die sich im Stadium der Abkühlung befindet, welches dem Herabsturze vorangeht. Unter der übrigens wahrscheinlichen Voraussetzung, dass die Polarisationsaxe der Sonne sich nicht ändert, würde die Ortsbestimmung der Koronapole bei Finsternissen ein gutes Mittel zur Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne geben, da zwischen je zwei Sonnenfinsternissen eine grosse Anzahl einzelner Umdrehungen liegt. An seine Untersuchungen knüpft Herr Bigelow die Vermutung an, dass die beschleunigte Bewegung des Äquatorialgürtels der Sonne (gegenüber den Polargegenden) eben ein Resultat des Herabsturzes abgekühlter Massen aus grossen Höhen sei, indem er jedes Massenteilchen als einen Satelliten ansieht, der nach dem Zentrum strebt. Die Periodizität der Flecken und gleichzeitig der Energie der Sonne hält er für möglicher Weise in Beziehung stehend mit einer korrespondierenden periodischen Verschiebung der oben erwähnten Maximalzone. Diese, sowie einige andere Vermutungen des Verf., bedürfen aber noch der Kontrollierung durch zahlreiche Beobachtungen, obgleich sie, mathematisch genommen, einleuchtend und ansprechend sind. Es wird vor allem notwendig sein, Vorsorge zu treffen, dass bei den nächsten Finsternissen photographische Aufnahmen im möglichst grossen Massstabe erlangt werden, denn die Bigelow'sche Theorie und Methode ist in der That eine vielversprechende. Es mag noch darauf hingewiesen sein, dass der Längenunterschied der beiden Koronapole sich nur wenig unterscheidet von dem Längenunterschiede der magnetischen Pole der Erde. Ob diese nahe Übereinstimmung eine bloss zufällige ist oder vielleicht einem allgemeinen Gesetze rotierender polarisierter Kugeln entspringt, muss dahingestellt bleiben.

Über die Konstitution der Sonne verbreitete sich Prof. Oscar Simony[1]. Er gelangt zu dem Induktionsschlusse, dass der Sonnenkörper ein kugelförmiges Gasgemenge bilde, dessen Moleküle sich innerhalb ihrer molekularen Wirkungssphäre bewegen und infolge ihrer grossen mittleren Geschwindigkeiten und zahlloser Zusammenstösse in lauter einatomige Moleküle dissoziiert seien. Eine hieraus entspringende Feststellung der Ursachen solarer Eruptionen liefert weiter den Satz, dass die gesamte eruptive Thätigkeit der Sonne in gleichen Zeitperioden um so bedeutender sein müsse, je mehr Wärme der Sonnenkörper während dieser Zeitabschnitte in den Weltraum ausstrahle. Seine wirksame Ausstrahlung resultiert daher stets aus zwei einander

[1] Monatsblätter des wissensch Klubs in Wien, 12. Jahrg. Vortrag, gehalten am 5. März 1891. Gaea 1892. Heft 2 u ff.

entgegenwirkenden Prozessen, indem jede Erhöhung der Ausstrahlung durch Steigerung der solaren Eruptivthätigkeit die Photosphäre mehr und mehr verdickt, wodurch — nach Eintritt eines bestimmten Maximums der wirksamen Ausstrahlung — eine Periode ihrer Abnahme, beziehungsweise eine Verminderung der Eruptivthätigkeit, gefolgt von einer fortschreitenden Verdünnung der Photosphäre eingeleitet wird. Das dieser zweiten Periode zugehörige Minimum der wirksamen Ausstrahlung markiert dann den Beginn einer neuen, mit der zuerst betrachteten gleichartigen Periode, d. h. die wirksame Ausstrahlung des Sonnenkörpers ändert sich im Laufe der Zeit insofern periodisch, als Maxima und Minima dieser Ausstrahlung regelmässig mit einander abwechseln.

Ihre periodischen Schwankungen bedingen nach der Ansicht Simony's auf unserer Erde einerseits periodische allgemeine Klimaschwankungen (im Sinne Brückner's), anderseits Änderungen im Grade der Ausprägung der Fraunhofer'schen Linien, deren experimentelle Feststellung ihrerseits mit Sicherheit auf periodische Schwankungen der solaren Ausstrahlung zurückschliessen liesse. Zu letzterem Zwecke hat Prof. Simony bereits im Sommer 1888 auf dem **3711** *m* hohen Pik von Tenerifa (Taf. I) mit einem von V. Schumann in Leipzig angegebenen Spektrographen (Taf. II) eine Reihe von spektrophotographischen Aufnahmen ausgeführt, deren Vergleichsspektra er durch eine spektrophotographische Expedition auf den Demavend (**6120** *m*) nächst Teheran zu gewinnen hofft.

Das Zodiakallicht.

Diese merkwürdige Lichterscheinung ist noch immer völlig rätselhaft, und über ihr Wesen sowie ihre kosmische Stellung im Planetensysteme herrschen heute noch eben so unsichere, ja man kann wohl sagen unklarere Anschauungen wie vor 50 oder 100 Jahren. Auf der Sternwarte der Harvard-Universität sind eine grosse Anzahl von Zodiakallichtbeobachtungen angestellt worden, die demnächst publiziert werden sollen. Inzwischen hat Herr Searle einen kurzen Abriss des Wesentlichen dieser Arbeit gegeben.

Sämtliche Beobachtungen wurden nur gelegentlich bei der Ausführung systematischer astronomischer Arbeiten gemacht; sie bezogen sich auf die Beständigkeit des gewöhnlichen westlichen Zodiakallichtes, auf die normale Lichtverteilung im Zodiakus und in seiner Nachbarschaft, weil diese offenbar alle Beobachtungen der schwächeren Teile des Zodiakallichtes beeinflusst, und auf den sogenannten „Gegenschein“.

Zur Entscheidung der ersten Frage wurden seit Anfang 1877 tägliche Aufzeichnungen über die Sichtbarkeit des Zodiakallichtes gemacht, und aus diesen ergiebt sich, dass das Zodiakallicht als ein sehr ständiges Objekt betrachtet werden muss, welches, wenn

man von atmosphärischen Schwankungen absieht, nur geringen Änderungen in dem Grade seiner Sichtbarkeit unterliegt. Das Ergebnis stimmt mit dem früherer Beobachter, namentlich mit denen von Jones, überein; aber diese Beobachtungen waren keineswegs überflüssig; vielmehr ist zu wünschen, dass auch an anderen Orten längere Beobachtungsreihen angestellt werden, um die Frage definitiv zu erledigen, ob das Zodiakallicht überall und, wenn die atmosphärischen Verhältnisse eine Beobachtung zulassen, immer sichtbar ist.

Einige Aufzeichnungen über das Fehlen oder über grosse Schwäche des Zodiakallichtes in Zeiten, in denen es hätte erwartet werden müssen, können, da es nur gelegentliche Beobachtungen waren, zu keinen allgemeinen Schlüssen über die Ursachen der Sichtbarkeit des Phänomens verwendet werden. Dazu müssen systematische und direkte Beobachtungen gemacht werden. Dasselbe gilt für die Änderungen der Helligkeit des Phänomens, welche in den Aufzeichnungen angetroffen werden.

Was die zweite Aufgabe betrifft, so sind die von früheren Beobachtern angegebenen Zodiakalstreifen, welche scheinbare Verlängerungen des gewöhnlichen Zodiakallichtes bilden sollten, am Harvard-Observatorium niemals gesehen worden. Hingegen werden mehrere permanente Banden oder Gürtel schwachen Lichtes beschrieben, welche nicht auf den Zodiakus beschränkt sind, obwohl manche von ihnen den Partien der Ekliptik folgen. Zwei von diesen Streifen sind besonders interessant, weil ihre Zodiakalabschnitte sehr leicht mit dem Zodiakallichte verwechselt werden können. Der eine reicht von Aquila bis zu den Plejaden; der zweite von Praesepe zu Coma Berenices. Da alle diese Streifen erst von einem einzigen Beobachter bemerkt worden sind, so wird dieses Objekt anderen Beobachtern dringend empfohlen.

Vom Gegenscheine endlich sind sehr viele Beobachtungen verzeichnet. Sämtliche Beobachtungen sind eingestandenermassen unsicher; gleichwohl ist es sehr wahrscheinlich, dass in Opposition zur Sonne unter günstigen Umständen gewöhnlich Licht sichtbar ist: und es ist interessant, dass diese Beobachtungen mit denen früherer Beobachter, soweit solche vorliegen, grosse Ähnlichkeit haben. Herr Searle hält es für sehr wünschenswert, dass jeder Beobachter, welcher dies Phänomen auch nur mit einem mässigen Grade von Sicherheit erblickt, sich die Mühe gebe, es mit grösster Genauigkeit zu beobachten.

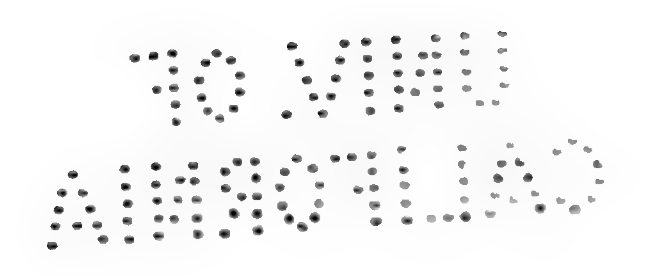
Beobachtungen des Gegenscheines des Zodiakallichtes hat auch Herr E. E. Barnard auf dem Lick-Observatorium in den Jahren 1888—91 angestellt. Es sind im ganzen 16 Bestimmungen der Lage desselben am Himmel unter sehr günstigen Umständen auf Mt. Hamilton erhalten worden. Zunächst stellte sich der Gegenschein als gross und rundlich dar, scheinbar ohne Zusammenhang mit einer Zodiakalbandspalte, nach 0^h wird er länger längs der

Klein, Jahrbuch II. Tafel II.

Der Culminationspunkt des Pico de Teyde (3711 *m*) im Nordostrande des Gipfelkraters mit dem innerhalb des letzteren aufgestellten Spectrographen.

UNIV. OF CALIFORNIA

Digitized by Google



Ekliptik und erscheint mit dem Morgen- und Abendzodiakallichte durch ein schwaches Lichtband verbunden. In den Monaten Juni und Dezember kann er nicht gesehen werden, weil er alsdann die Milchstrasse kreuzt, wenn jedoch der Himmelsgrund günstig ist, wird der Gegenschein stets sichtbar. Obgleich nahe der Ekliptik, liegt derselbe doch nicht völlig in dieser, die Beobachtungen zeigen vielmehr, dass er stets in nördlicher Breite angetroffen wird. Es wäre möglich, dass dies nur Folge der atmosphärischen Absorption ist, wenngleich die Beobachtungen, die sich durch 40° Zeitdistanz erstrecken, dieser Vermutung kein grosses Gewicht verleihen. Eine Parallaxe würde übrigens dahin zielen, ihm eine südliche Breite zu geben. Die Beobachtungen lehren ferner, dass der Gegenschein nicht immer genau 180° von der Sonne sichtbar ist. Gewiss findet eine Schwankung von 1" und mehr um jenen Ort herum statt. — Das Zodiakalband ist oft sichtbar, wie es den ganzen Himmel kreuzt. Meist ist es 3° bis 4° breit und liegt längs der Ekliptik. Besonders deutlich erscheint es, wenn es zwischen den Plejaden und Hyaden hindurch geht. Im Mittel aus 16 sehr sorgfältigen Positionsbestimmungen ist der Ort des Gegenscheines in Länge 180.6° hinter der Sonne, und seine nördliche Breite beträgt 1.3°.

Herr Barnard teilt noch einige spezielle Wahrnehmungen über den Gegenschein mit:

Am 28. August 1888 erschien derselbe etwa 20° im Durchmesser, schwach und sehr verschwommen, kein Anzeichen von Zodiakalstreifen war sichtbar.

Am 1. Sept. 1888 erschien der Gegenschein dicht, aber schlecht begrenzt, ein schwaches aber bestimmtes Lichtband, 4° breit, zog sich von Osten bis zu ihm, es lag $3^1/_2$° südlich von den Plejaden.

30. Okt. 1888. Sehr bestimmt, 10" breit und 15° lang, längs der Ekliptik ein deutliches Band verbindet den Schein mit dem östlichen und westlichen Zodiakallichte: am deutlichsten ist dieses Band in Osten.

2. Mai 1891. Sehr dunstig, 10° oder 15° im Durchmesser, ein deutliches Lichtband erstreckt sich von dem Gegenscheine bis zu dem Zodiakallichte im Westen; dieses Band ist 4° bis 5° breit.

Die Beobachtung dieses Gegenscheines des Zodiakallichtes, den bekanntlich vor vielen Jahren Herr Brorsen entdeckt hat, ist von grösster Wichtigkeit, denn es handelt sich um eine Erscheinung, die ihrem Wesen nach noch völlig rätselhaft ist. Beobachter in unseren Städten, welche nachts von Gaslicht erhellt werden, können selbstredend den „Gegenschein" nicht sehen; dessen Überwachung empfiehlt sich vielmehr solchen, die in kleinen Orten auf dem Lande wohnen, wo der Himmel nächtlich nicht durch Gaslicht erhellt und überhaupt reiner und klarer ist als über grossen Städten.

Kleine Planeten.

Seit dem letzten Berichte[1]) sind folgende Planeten aus der Gruppe der Asteroiden neu entdeckt worden:

No.	302	entdeckt	von	Charlois	in	Nizza	am	14.	Novbr.	1890
„	303	„	„	Millosewich	„	Rom	„	12.	Febr.	1891
„	304	„	„	Palisa	„	Wien	„	14.	„	„
„	305	„	„	Charlois	„	Nizza	„	16.	„	„
„	306	„	„	Millosewich	„	Rom	„	1.	März	„
„	307	„	„	Charlois	„	Nizza	„	5.	„	„
„	308	„	„	Borelly	„	Marseille	„	31.	„	„
„	309	„	„	Palisa	„	Wien	„	6.	April	„
„	310	„	„	Charlois	„	Nizza	„	16.	Mai	„
„	311	„	„	„	„	„	„	11.	Juni	„
„	312	„	„	„	„	„	„	28.	August	„
„	313	„	„	Palisa	„	Wien	„	30.	„	„
„	314	„	„	Charlois	„	Nizza	„	1.	Septbr.	„
„	315	„	„	Palisa	„	Wien	„	4.	„	„
„	316	„	„	Charlois	„	Nizza	„	8.	„	„
„	317	„	„	„	„	„	„	11.	„	„
„	318	„	„	„	„	„	„	18.	„	„
„	319	„	„	„	„	„	„	8.	Oktober	„
„	320	„	„	Palisa	„	Wien	„	11.	„	„
„	321	„	„	„	„	„	„	15.	„	„
„	322	„	„	Borelli	„	Marseille	„	27.	Novemb	„
„	323	„	„	Wolf	„	Heidelberg	„	22.	Dezemb.	„

Von früher entdeckten, aber bis dahin noch unbenannten Planeten haben die folgenden Namen erhalten:

No. 283 Emma, No. 284 Amelia, No. 285 Regina, No 296 Phaëtusa, No 298 Baptistina, No. 299 Thora, No. 300 Geraldina. No. 301 Bavaria, No. 302 Clarissa, No. 303 Josephina, No. 304 Olga, No. 306 Unitas, No. 309 Fraternitas.

Merkur.

Der Merkurdurchgang am 9. Mai ist auf dem Lick-Observatorium erfolgreich beobachtet worden, und zwar mit dem 12-zölligen Äquatorial[2]).

Vor dem ersten Kontakte mit dem Sonnenrande konnte keine Spur der dunklen Merkurscheibe ausserhalb der Sonne gesehen werden, ebenso wenig nach dem ersten Kontakt des noch nicht vor die Sonne getretenen Teiles. Von einem hellen Flecke in der Nachtseite des Merkur ward nichts gesehen, auch nichts von einer atmosphärischen Umhüllung. Die Beobachter auf Mt. Hamilton haben sorgfältig nach einem etwaigen Trabanten des Merkur gesucht, aber auch von solchem keine Spur auf der Sonnenscheibe wahrgenommen. Die erste Berührung des Merkur mit dem Sonnenrande fand $1^m\ 11^s$ früher statt, als die Berechnung ergeben hatte.

---

[1]) Dieses Jahrbuch **1.** p. 7.

[2]) Publ. Astr. Soc. of the Pacific **3.** Nr. 16.

Venus.

Wie bereits berichtet[1]) ist Prof. Schiaparelli durch eine genaue Untersuchung der Beobachtungen von Cassini, Bianchini, Schröter und De Vico, sowie infolge eigener Beobachtungen zu der Überzeugung gelangt, dass die allgemein angenommene kurze Rotationsdauer des Planeten Venus in den vorliegenden Thatsachen keine Begründung hat, dass vielmehr anzunehmen sei, Venus rotiere sehr langsam innerhalb einer Zeitdauer, die nicht sehr weit oder garnicht von der siderischen Umlaufszeit dieses Planeten verschieden ist. Sonach würden also die beiden inneren Planeten sich bezüglich ihrer Rotation gleichartig verhalten und gänzlich verschieden von den übrigen Hauptplaneten. Diese Schlüsse haben eine Bestätigung gefunden durch Untersuchungen, welche Hr. Perrotin zu Nizza vom Mai bis zum Oktober 1890 an der Venus anstellte. Die Gesamtheit dieser Beobachtungen führte zu folgenden Schlüssen:

1. Die Rotation des Planeten ist sehr langsam und vollzieht sich in der Art, dass während einer längeren Reihe von Tagen die relative Lage der Flecke zur Lichtgrenze unverändert bleibt.

2. Die Rotationsdauer ist von der Umlaufszeit höchstens nur um 30 Tage verschieden. Die Beobachtungen würden sich am besten mit einer Rotationsdauer zwischen 195 und 225 Tagen vertragen.

3. Die Umdrehungsaxe der Venus steht nahezu senkrecht auf der Ebene ihrer Bahn. Die Veränderung in der Lage der weissen Region am nördlichen Horne zeigt, dass die Abweichung 15° nicht übersteigen kann, wie schon Schiaparelli angegeben hat.

„Die Beobachtungen der beiden letzten Monate haben eine Thatsache enthüllt, die noch nicht bekannt war, aber von grösster Wichtigkeit ist. Diese Thatsache bezieht sich auf den Unterschied im Aussehen der beiden Regionen des Planeten, welche rechts und links von dem dunklen Streifen liegen. Die Helligkeit der links liegenden Region erschien lebhafter, etwas gefärbt und von allgemein gleichförmigem Glanze. Diese Gegend zeigt keine deutlichen Phänomene, aber man hat bisweilen geglaubt, daselbst grosse, unbestimmte, dunkle Flecken zu erkennen. Die rechts liegende Region lässt sich deutlicher erkennen, sie ist unseren Untersuchungen offenbar mehr zugänglich. Man sieht, dass sie von dunklen Linien durchzogen wird, welche von dem dunklen Streifen nahe der Lichtgrenze divergieren. Diese Verzweigungen des grossen dunklen Streifens sind zahlreicher und intensiver gegen das Südhorn hin, als an der entgegengesetzten Spitze. Zwischen den dunklen Ästen zeigen sich bisweilen helle Regionen, die den Eindruck von hellen Flecken machen. Zwei davon haben wir vom 26. August bis 15. September gesehen, und sie erinnerten lebhaft an ähnliche, welche Schiaparelli be-

[1]) Dieses Jahrbuch 1. p. 12.

schrieben hat. Die ganze hier besprochene Region ist ungleichmässig hell, und ihr Licht nimmt gegen die Lichtgrenze hin zu. Es ist weniger lebhaft, weisser und milder als das der anderen Region, und sein Anblick erinnert lebhaft an die Polarkalotten des Planeten Mars. Es sind hier nur zwei Hypothesen zulässig. Entweder wendet der Planet stets die nämliche Seite der Sonne zu, dann müssen die beiden Ränder desselben, besonders in der Nähe des Äquators dasselbe Aussehen haben, da die Libration in Länge daran nichts ändern kann; oder der Planet rotiert rascher als einmal bei jedem Umlaufe (Rotationsdauer zwischen 195 und 225 Tagen), dann befinden sich beide Seiten unter gänzlich verschiedenen Verhältnissen. Die Regionen am Westrande (für einen Beobachter auf der Venus selbst) kamen nach dreimonatlicher Nacht unter die Wirkung einer gleich langen Sonnenbestrahlung; die Regionen auf der anderen Seite der Scheibe unterliegen der gleichen Änderung aber in entgegengesetztem Sinne. Man begreift hiernach die Wichtigkeit einer genauen Konstatierung der Erscheinung, auf welche wir oben die Aufmerksamkeit lenkten, denn sie ist in der That aufs engste mit der Frage nach der Dauer der Rotation selbst verknüpft."

Zu ganz entgegengesetzten Ergebnissen über die Rotationsdauer der Venus ist Hr. Niesten in Brüssel gelangt[1]). Die Untersuchung Schiaparelli's wurde um die Zeit veröffentlicht, als Niesten mit der Ordnung der Zeichnungen beschäftigt war, die er zusammen mit Herrn Stuyvaert auf der Brüsseler Sternwarte von 1881 bis 1890 erhalten hatte Sein Erstaunen war nicht gering, als er sah, dass diese Beobachtungen die Fortdauer der nämlichen Schatten auf der Planetenscheibe während längerer Zeit n i c h t bestätigten. Obgleich mehrere seiner Zeichnungen, die an verschiedenen aufeinanderfolgenden Tagen gemacht worden waren, eine Ähnlichkeit in den Umrissen der Hauptflecke, welche die Scheibe der Venus marmorieren, erkennen liessen, so konnte Herr Niesten dennoch eine wirkliche Ortsveränderung derselben konstatieren. Eine Dauer der Umdrehung, welche derjenigen des Umlaufs gleich ist, müsste natürlich die unveränderte Lage der Flecken gegen die Lichtgrenze bedingen, welche Prof. Schiaparelli konstatiert hat, die aber von den belgischen Astronomen in ihren Zeichnungen nicht gefunden wird. Diese letzteren zeigen vielmehr selbst zu Epochen, wo die Lichtgrenze auf der Scheibe die gleiche Lage hatte, ein verschiedenes Aussehen der Flecke Ein Punkt, auf welchen die beiden belgischen Beobachter die Aufmerksamkeit lenken, ist noch der, dass die Zeichnungen eine Ähnlichkeit gewisser Details auf der Venusscheibe ergeben, obgleich jene verschiedenen Epochen entstammen. Im ganzen sind die Beobachter der Meinung, dass die Venusflecke einen Grad von Veränderlichkeit besitzen, der an die Marsflecke erinnert.

[1]) Mém. Acad. royale de Belgique 1891.

obgleich sie natürlich viel weniger deutlich hervortreten als diese, was man der Höhe oder Dichte der Venusatmosphäre zuschreiben könnte. In den Brüsseler Zeichnungen von 1881 bis 1890 sind die dunklen Flecke auf der Venusscheibe stets sehr schwach; man kann ihnen eigentlich nicht einmal eine graue Färbung zuschreiben, sie treten vielmehr nur hervor durch den Kontrast mit den hellen Stellen, welche sie umgeben. Doch ist ihre Intensität in der Nähe der Lichtgrenze hervortretender, und wenn man sich auf diese Regionen beschränkt, so würde man das Aussehen, welches die Zeichnungen von Bianchini und de Vico geben, wiederfinden. Die hellen Flecke auf der Scheibe zeigen eine ovale Form, und nach der Helligkeit ihres Lichtes scheinen sie die höheren Teile auf dem Planeten anzugeben. Bisweilen waren gewisse helle Flecke wieder bedeckt von einer Art Penumbra und erinnerten an Gegenden des Mars, wie Jazygia, Önotria und andere. Die Schatten, welche die hellen Flecke begrenzen, variieren in Intensität und Breite je nach ihrer scheinbaren Lage auf der Scheibe und nach dem Grade der Erhellung des Planeten. Nahe der oberen Konjunktion werden diese Flecke sozusagen unsichtbar. Sie treten deutlicher hervor gegen die Lichtgrenze hin und verschwinden an dem erleuchteten Rande des Planeten. Diese Flecke waren nicht leicht in ihrer Begrenzung aufzufassen, sie waren unbestimmt und gehörten offenbar zu Teilen der Oberfläche, die weniger erleuchtet waren, sei es wegen Niveauunterschieden gegen die benachbarten hellen Teile, sei es weil überhaupt der Teil der Oberfläche, dem sie angehören, dunkler ist.

Auf den ersten Blick scheinen die Unterschiede in den einzelnen Zeichnungen wenig vereinbar mit der Vorstellung einer gewissen Veränderlichkeit der Flecke; allein wenn man sich erinnert, dass auch gewisse Marsflecke, die thatsächlich unveränderlich sind, je nach der Stellung der Axe des Mars zur Gesichtslinie nach der Erde hin, ein recht verschiedenes Aussehen darbieten, so müssen sich notwendig für die Venus sehr merkliche Unterschiede ergeben, wenn man die von de Vico bestimmte Neigung ihrer Axe von 53° 11′ annimmt. Dazu kommt dann noch bei Venus die Grösse der Phase und die Position der Lichtgrenze, die durch ihre wechselnde Neigung gegen die Meridiane das Aussehen der auf dem sichtbaren Teile des Planeten liegenden Flecke verändern muss.

Die einzelnen Zeichnungen der beiden belgischen Astronomen wurden angefertigt, indem die Lage der Flecke auf die Lichtgrenze bezogen wurde, ohne dass die Beobachter die Lage des sichtbaren Poles der Venus überhaupt kannten. Erst in der letzten Zeit, als beide Beobachter die erforderlichen Reduktionsrechnungen vornahmen, ergab sich für sie die Kenntnis der jedesmaligen Lage des Poles am Rande der Scheibe und die

Länge des zentralen Meridians für jede Beobachtung. Diese wurde nun nachträglich den Zeichnungen beigefügt. Hr. Niesten untersuchte nunmehr die Zeichnungen, indem er einmal von der durch Schiaparelli festgesetzten Rotationsdauer, dann von der durch de Vico bestimmten ausging. Er bediente sich dabei der kleinen, runden, hellen Flecke, welche sich sehr oft nahe der Lichtgrenze an verschiedenen Stellen der Scheibe zeigen, und die auch schon von Gruithuisen, Schiaparelli und Denning gesehen worden sind. Diese Flecke scheinen indessen weder für die eine, noch für die andere Rotationsdauer zu sprechen. Schiaparelli hat solche kleine Flecke während einer Reihe von Tagen konstant gesehen, während Stuyvaert und auch Denning bei einem kleinen Flecke, der sehr hell war, und den sie zur gleichen Zeit beobachteten, deutliche Bewegung konstatieren konnten. Bezüglich der dunklen Flecke kommt Niesten zu dem Resultate, dass sie wohl der Oberfläche der Venus angehören. Was die Rotationsdauer anbelangt, so ergiebt die Diskussion der Beobachtungen streng genommen, dass letztere sich sowohl mit der von Schiaparelli behaupteten Dauer von 200—225 Tagen, als auch mit der Annahme einer nur 24-stündigen Umdrehung vereinigen lassen. Allein Niesten macht darauf aufmerksam, dass im ersteren Falle die Flecke ihre Lage gegen die Lichtgrenze stets unverändert beibehalten müssten, was nach seinen Zeichnungen nicht der Fall ist. Aus diesem Grunde hat er seine einzelnen Zeichnungen zu einer Gesamtkarte der Venus zusammengestellt, indem er die Rotationselemente dieses Planeten, welche de Vico angab, zu Grunde legte.

Lichtsaum um den dunklen Rand der Venus. Nahe ihrer unteren Konjunktion anfangs Dezember 1890 hat Hr. Barnard am 12-zolligen Refraktor der Lick-Sternwarte den Umfang des Planeten fast völlig von einem schmalen Lichtsaume umfasst gesehen. Am 1. Dezember nahm der helle Saum 270° des ganzen Umfanges ein, am 5. Dezember sogar 340°, und zeitweise schien der ganze Umkreis hell. Hr. Barnard glaubt, dass er am 4. Dezember, wenn eine Beobachtung möglich gewesen wäre, den ganzen Umfang hell gesehen haben würde. Unregelmässigkeiten in diesem hellen Lichtsaume oder Flecken auf der dunklen Scheibe der Venus wurden nicht gesehen, auch war die dunkle Scheibe in nichts von dem umgebenden Himmelsgrunde verschieden.

Durchmesser der Venus. Während der beiden Venusdurchgänge sind an den vier deutschen Stationen Messungen des Venusdurchmessers ausgeführt worden, insgesamt 17 vollständige Reihen, und diese sind von Prof. Auwers zur Ableitung eines neuen Wertes für den Venusdurchmesser benutzt worden [1]). Es findet sich als wahrscheinliches Resultat für die mittlere Erd-

[1]) Astr. Nachrichten Nr. 3068.

entfernung: 16.801″. Da in der nämlichen Entfernung der Erddurchmesser 17.760″ gross erscheint, so ist der Durchmesser der Venus 0.946 vom Erddurchmesser. Dieser Wert ist erheblich kleiner als derjenige, welcher durch Messungen auf dem freien Himmelsgrunde sich ergab, wenn Venus hell erscheint, statt als schwarze Scheibe auf der Sonne. Zur Erklärung weist Herr Auwers darauf hin, dass die Begrenzung der schwarzen Venusscheibe vor der Sonne wirklich die Dimensionen des festen Planetenkörpers angiebt, während der Durchmesser der leuchtenden Venus ausserhalb der Sonne durch die tiefste Atmosphärenschicht dieses Planeten vergrössert wird. Der obige Wert von 16.801″ würde also dem wahren Durchmesser der Venus am nächsten kommen.

Der Mond.

Neue Bestimmung des Mondhalbmessers. Die genaue Bestimmung des Mondhalbmessers ist ausserordentlich schwierig, da direkte Messungen des leuchtenden Randes wegen der Irradiation einen zu grossen Wert ergeben und Berechnungen aus totalen Sonnenfinsternissen einen zu kleinen. Am sichersten sind noch Heliometermessungen während totaler Mondfinsternisse. Die Vergleichung der auf letzterem Wege erhaltenen Werte mit den aus Sternbedeckungen abgeleiteten kann die Frage nach dem Vorhandensein einer Refraktion am Mondrande entscheiden. Solche Sternbedeckungen am hellen Mondrande beobachtet, liefern aber auch keine einwurfsfreien Resultate, da die Eintritte durchschnittlich zu früh, die Austritte zu spät beobachtet werden, weil eben der helle Mondrand die Sterne überglänzt. Es ist deshalb von der Sternwarte zu Pulkowa schon vor Jahren auf die Wichtigkeit der Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond während einer totaler Mondfinsternis hingewiesen worden, welche Gelegenheit bieten, auch zahlreiche lichtschwache Sterne beim Eintritte und Austritte am Mondrande beobachten zu können. Die erste Gelegenheit, diese Methode zu benutzen, bot die totale Mondfinsternis am 4. Oktober 1884, und Döllen hatte zu diesem Zwecke die nötigen Vorausbestimmungen für alle damals in Betracht kommenden Sterne bis zur 10. Grösse geliefert[1]). Infolge dessen sind an 42 Orten zahlreiche Beobachtungen dieser Sterne ausgeführt worden, und L Struve hat nunmehr aus denselben den wahrscheinlichsten Wert für den mittleren Monddurchmesser abgeleitet. Die genauen Örter der bedeckten Sterne sind in Berlin und Pulkowa durch neue, sehr genaue Messungen bestimmt worden. Die Berechnung ergab unter Zugrundelegung der von Hansen angenommenen mittleren Mond-

[1]) Astr. Nachr. Nr. 2615.

parallaxe (57′ 2,27″) als wahrscheinlichsten Wert des bezüglichen Mondhalbmessers 15′ 32,85″ + 0,07″, also die Grösse des Mondhalbmessers in Teilen des äquatorialen Erdradius = 0,272598 + 0,000 0021. Eine etwaige Abplattung des Mondes liess sich in den Beobachtungen nicht erkennen, wohl aber Andeutungen von ausgedehnten Hoch- und Tiefländern in den Randregionen des Mondes.

Die Ringgebirge des Mondes nach ihren Höhen und Tiefenverhältnissen, ihren horizontalen und vertikalen Dimensionen einer eingehenden, vergleichenden Untersuchung unterzogen zu haben, ist das Verdienst von Ebert in Erlangen. Er hat das gesamte, für den vorliegenden Zweck verwendbare Zahlenmaterial aus der vorhandenen Litteratur zusammengetragen, alle Zahlen auf das metrische System umgerechnet, zu geeigneten Mitteln vereinigt und in einer Tabelle zusammengestellt. Das auf diese Weise gewonnene Beobachtungsmaterial wurde dann zur Berechnung der für die Ringgebirgsform charakteristischen Zahlenverhältnisse verwendet, welche gleichfalls in einer Tabelle aufgeführt sind.

„Von diesen Zahlenverhältnissen,“ sagt Hr. Ebert, „wurden schon früher für eine geringe Anzahl von Beispielen einige berechnet; so giebt Jul. Schmidt das Verhältnis von innerer Tiefe zur äusseren Höhe für 24 Ringgebirge, das Verhältnis der Tiefe zum Durchmesser für 18 Ringgebirge an. Schmidt spricht die Absicht aus, derartige Rechnungen in grösserem Umfange durchzuführen, wenn erst das Beobachtungsmaterial ein ausgiebigeres geworden sein würde, und hebt die Wichtigkeit derselben wiederholt hervor; er selbst ist nie dazu gekommen, das gerade durch seine mehr als dreissigjährigen Beobachtungen und Messungen so wertvoll bereicherte Material nach der genannten Richtung hin zu verwerten.“

Herr Ebert hat nun die Verhältnisse aller Grössen ermittelt, von welchen überhaupt nur vermutet werden kann, dass sie für die Ringgebirgsform charakteristisch sind, also die Verhältnisse zwischen Walldurchmesser, Erhebung des Walles über die Umgebung und die innere Tiefe, Höhe des Zentralberges u. s. w.

Dr. Ebert führt die hauptsächlichsten wie folgt an:

1. Ein Vergleich der Durchmesser D und der wahren mittleren Tiefen J zeigt, dass bei allen Ringgebirgen die Horizontalausdehnung die Tiefendimension bei weitem übersteigt. Der kleinste für D/J gefundene Wert ist 7 (Thebit A), bei einer noch verhältnismässig kleinen Wallebene wie Alphonsus übertrifft der Durchmesser die Einsenkung um das 70-fache. Die Werte für die eigentlichen Ringgebirge liegen zwischen diesen beiden Zahlen. Demzufolge sind Bezeichnungen für die Ringgebirge wie „tiefe Einsenkungen“ oder gar „Löcher“, „Schlünde“ u. dergl. unzutreffend. Formationen, auf welche jene Bezeichnungen anwendbar wären, giebt es unter den eigentlichen Ring-

Digitized by Google

gebirgen nicht. Selbst das die „halbkugelartigen Vertiefungen“ z. B. von aufgeplatzten Blasen in einer zähflüssigen Masse charakterisierende Verhältnis $D/J = 2$ fehlt vollkommen. Wir haben die Ringgebirge sämtlich nur als „flache Teller“ zu bezeichnen, wenn auch der absolute Wert ihrer inneren Tiefe unter Umständen eine recht bedeutende Grösse erreicht.

Diese Vorstellung wird noch unterstützt durch die Überlegung, dass sehr viele der grossen Ringgebirge und Wallebenen so flach sind, dass man infolge der Krümmung der Mondoberfläche auf ihrem Walle stehend den gegenüberliegenden Teil desselben nicht sehen würde.

2. Eigentümlich ist, dass das Verhältnis vom Durchmesser zur inneren Tiefe nicht für alle Ringgebirge in der Nähe desselben mittleren Wertes liegt. Es zeigt sich eine entschiedene Abhängigkeit des Verhältnisses J/D von der absoluten Grösse des Durchmessers. Mit der Abnahme des Durchmessers geht eine relativ zunehmende Tiefe parallel. Es ergiebt sich rund für

kleine Ringgebirge		$(D < 28$ km$)$	$J/D = 1/10$
mittlere	„	$(28 \leqq D < 90)$	$= 1/20$
grosse	„	$(90 \leqq D < 120)$	$= 1/32$
Wallebenen		$(120 \leqq D)$	$= 1/40$

Hierbei findet ein ziemlich ausgesprochener Sprung statt, wenn man von den kleinen Ringgebirgen zu den mittleren übergeht. Für Ringgebirge mit $D < 28$ km liegt J/D (mit drei Ausnahmen) zwischen $1/7$ und $1/13$, für die mit $D > 28$ treten plötzlich sehr viel grössere Werte auf, ohne dass die kleineren wieder erreicht werden; bis zu Gebilden mit $D = 90$ km gruppieren sich die Werte für J/D zwischen $1/12$ und $1/28$.

Diese Inkonstanz von J/D ist deshalb so auffallend, weil man aus der regelmässigen Kreisgestalt, die alle Ringgebirge in ihrer Begrenzung aufweisen, zu schliessen geneigt ist, dass sie sich auch im übrigen Baue einander ähnlich sein müssen. Dass dies nicht der Fall ist, zeigt, dass die Prozesse, welche sich bei der Bildung der Ringgebirge abspielten, nicht genau dieselben bei den grossen Gebilden wie bei den kleinen waren, dass sie bei Hervorbringung der grossen nicht einfach nur in grösserem Massstabe sich abgespielt haben, sondern dass dabei Erscheinungen mit eingriffen, welche unabhängig waren von jenen Bedingungen, welche hier ein grosses, dort ein kleines Ringgebirge gestalteten.

Diese Thatsache scheint genügend zu sein, um z. B. die vielfach vertretene Hypothese der Entstehung der Mondringgebirge zu entkräften. Nach dieser sind dieselben grosse Eruptionstrichter vulkanischer Kraftäusserungen, die entweder momentan bei einem einzigen Ausbruche oder allmählich das Material an den Rändern ihrer Austrittsöffnung fortschleuderten und um dieselbe als Wall sich anhäufen liessen. Hiernach müssten die

weitesten Trichter zugleich die relativ tiefsten sein; das Umgekehrte findet aber auf der Mondoberfläche thatsächlich statt.

Die Mondringgebirge sind also nicht Nachahmungen desselben Modelles in verschiedenen Grössen, sondern ihre allgemeine Form ändert sich mit dem absoluten Werte des Durchmessers, sie werden um so flacher, je grösser der Durchmesser wird.

3. Mit D wächst im allgemeinen J, die grösseren Ringgebirge sind im allgemeinen auch tiefer (dem absoluten Betrage nach). Aber D wächst schneller als J, und die Ringgebirge mit einem grösseren Durchmesser als 90 km haben im Mittel dieselbe innere Tiefe von etwa 3,5 km.

Dabei ergeben sich natürlich im einzelnen immer mehr oder weniger grosse Abweichungen von diesem Mittel, nur der Gang der Zahlen im allgemeinen deutet darauf hin, dass von einem gewissen Durchmesser an individuelle Verschiedenheiten der Ausgestaltung zurücktreten, die bei den kleineren Formen noch massgebend sind und augenscheinlich mit dem absoluten Werte der Durchmesser zusammenhängen.

4. Etwas ganz Ähnliches gilt für die Beziehung der äusseren Höhen des Walles über dem mittleren Niveau der Umgebung, welche mit A bezeichnet werden mögen, zu D: dieselben wachsen mit D; von D = 90 km an nähern sie sich asymptotisch dem Mittelwerte 1,0 bis 1,5. Auch hier markiert sich neben dieser oberen Grenze D = 90 eine untere bei D = 28 km. Auffallend ist, dass unter den mittleren Ringgebirgen eine ganze Reihe aus der ziemlich engen Gruppierung der übrigen nach unten heraustreten und trotz ihrer mittelgrossen Durchmesser auffallend geringe äussere Höhen aufweisen. Bei dem Vergleiche zeigt sich, dass dies sämtlich Ringgebirge sind, welche in Mareflächen liegen (z. B. Marius, Aristarch, Plinius, Taruntius u. s. w.); es hat demnach den Anschein, als ob diese Gebilde einer nachträglichen, teilweisen Überflutung anheim gefallen sind, durch die der Fuss ihrer äusseren Abdachung für uns verhüllt wird, so dass uns, wenn wir seine Erhebung über das umgebende Mare messen, dieselbe geringer erscheint, als es sonst bei dem betreffenden Typus der Fall ist.

5. Das Verhältnis J/A giebt die relative Eintiefung der Ringgebirge. J/A = ∞ würde der walllosen einfachen Einsenkung, J/A = 1 der Form des Bergkranzes entsprechen, bei dem das Innere ganz ausgefüllt ist und sich mit dem mittleren Niveau vollkommen vergleicht. Weder das eine, noch das andere Extrem kommt unter den in die Tabelle aufgenommenen Formen vor. Ein Vergleich mit den Werten von D ergiebt, dass die kleinen Ringgebirge sich dem ersten Extreme mit abnehmendem Durchmesser immer mehr nähern; bei diesen tritt also die Erhebung des Walles immer mehr zurück, die Eintiefung überwiegt. Von D = 90 an, wo J und A sich gewissen mittleren Werten

nähern, welche unverändert mit D bleiben, wird auch J/A konstant. Dieser konstante mittlere Wert der relativen Vertiefung der Mondringgebirge ist etwa J/A = 2,5.

6. Der absolute Wert der Vertiefung des Ringgebirgsbodens unter das mittlere Mondniveau J—A ist zwar bei den grösseren Formen im allgemeinen etwas grösser, als bei den kleinen, aber sehr tiefe und weniger tiefe Einsenkungen kommen bei grossen, wie bei kleinen Ringgebirgen etwa gleich oft vor.

7. Die Höhe h der Zentralkegel erreicht nie die Höhe der Wallgipfel. Als Mittel von J/h ergiebt sich 2,87; der grösste Wert ist 9,37 (Geminus), der kleinste 1,46 (Alphonsus). Die Grösse d giebt an, wie viele Kilometer der Gipfel des Zentralgebirges unter dem mittleren Niveau liegt; ein negativer Wert zeigt an, dass der Gipfel über das mittlere Niveau emporragt. Unter den 19 in der Tabelle aufgeführten Ringgebirgen, für welche Angaben über die Höhe der Zentralgipfel vorliegen, finden sich 6 (Walter, Alphonsus, Arzachel, Cyrillus, Moretus und Tycho) mit negativem d; der Zentralgipfel endet also nicht immer unter dem mittleren Mondniveau, wie man früher annahm.

Im übrigen zeigt sich keine einfache Beziehung weder von h direkt noch von d zu einer von den anderen Grössen; es scheint, als wenn die Bildung des Zentralkegels sehr vielen individuellen Schwankungen und Zufälligkeiten unterworfen gewesen wäre, wir haben ihn vielleicht überhaupt nur als ein zufälliges Accessorium zu betrachten, das bei der Bildung ebenso oft wegblieb, als es sich eingestellt hat. Freilich ist das Material an brauchbaren Messungen gerade im vorliegenden Falle besonders unvollkommen, so dass vielleicht deswegen vorhandene Beziehungen verborgen blieben.

8. Das Verhältnis K des Volumens der Vertiefung zu dem Volumen des Walles kann alle positiven Zahlenwerte von $+\infty$ bis 0, ausserdem aber auch negative Werte annehmen. Die oroplastische Bedeutung der Charakteristik K ist für die ausgezeichneten Werte folgende:

$K = \infty$: einfache, walllose Einsenkung (als Beispiele können mehrere Mare der Eifel gelten);
$K > 1$: die Eintiefung überwiegt den Inhalt des über das mittlere Niveau emporgehobenen Materiales;
$K = 1$: normales Ringgebirge;
$K < 1$, aber > 0: der Wallinhalt überwiegt;
$K = 0$: Bergkranz;
$K < 0$: der innere Boden liegt über dem Niveau der Umgebung; ausgefüllte Ringgebirge. (Beispiele: Ringgebirge Wargentin und fast alle irdischen Vulkane.)

Für die normalen Ringgebirge ist $K = 1$; dabei betrachten wir also ein Ringgebirge als normal, wenn das Volumen der

über dem mittleren Niveau befindlichen Teile gleich dem Volumen der Vertiefung ist, welche unter dem Niveau im Inneren frei geblieben ist. Gehen wir von diesem Idealtypus aus, und bezeichnen K — 1 durch ε, so zeigt ein negatives ε an, wievielmal die Vertiefung die normale um den Wallinhalt übertrifft, ein positives, wievielmal das Wallvolumen in der Vertiefung des Ringgebirges aufgenommen ist, also bezeichnet der absolute Wert von ε in beiden Fällen den Grad der Abweichung der gegebenen Formation von dem idealen Typus der Ringgebirgsform.

Eine Durchsicht der in der Tabelle für ε erhaltenen Zahlen lehrt:

a. Der ideale Fall K = 1, also ε = 0 ist auf der Mondoberfläche durchaus nicht der herrschende, sondern es kommen sowohl positive, wie negative Werte von ε vor.

b. Die Eintiefung überwiegt; von den 92 Ringgebirgen liefern nur 28 positive, dagegen 64 negative ε.

Ein Vergleich der Grössen ε und D zeigt weiter:

c Ringgebirge mit positivem ε kommen vorwiegend nur unter den kleinen Ringgebirgen vor; hier stehen 13 Formen mit positivem ε gegen 10 mit negativem; unter den mittleren Ringgebirgen haben 34 positives, und nur 19 negatives ε, bei den grossen Ringgebirgen und Wallebenen endlich haben 15 Formen positives und nur eine Form ein negatives ε. Je grösser also der Durchmesser eines Ringgebirges ist, um so mehr überwiegt die innere Vertiefung das Volumen des Walles.

Das Überwiegen der Wallmasse bei den kleinen Ringgebirgen ist auffallend; es wird bestätigt durch die Beziehungen, in denen K und J, K und A, K und J—A zu einander stehen.

Doch findet dieser Umstand seine Erklärung darin, dass A und J sich bei wachsendem D konstanten Mittelwerten nähern; das Wallvolumen wächst dann also angenähert wie D, das Volumen der Einsenkung wie D^2, wodurch das immer stärkere Überwiegen der Eintiefung bei wachsendem D bedingt wird.

Auch dieser Umstand weist darauf hin, dass wir wenigstens bei dem Bildungsvorgange der grösseren Ringgebirge die Ursachen, welche die Wallmassen bis zu einer bestimmten Höhe emporhoben, von den Ursachen trennen müssen, welche die Grösse der Durchmesser bestimmten.

Durch die Angabe der Charakteristik ε können wir also den topographischen Charakter einer Ringgebirgsformation hinreichend genau genug fixieren, um über die Art derselben ein gewisses Urteil zu fällen. So ist z. B. schon das blosse Auftreten von negativen Werten von ε ein schwerwiegender Einwurf gegen jene Hypothese, welche die umwallten Ringgebirge als Fallspuren kosmischen Staubes deutet. Meteoritenstaub soll auf die ebenfalls als staubförmig gedachte Oberfläche des Mondes gefallen sein und beim Auftreffen das Mondmaterial zur Seite geschoben

und rings um die Stossfläche als Wall aufgeworfen haben. Selbst wenn wir annehmen, dass der Stoss beim Auftreffen heftig genug gewesen ist, dass das darunterliegende Mondmaterial so stark komprimiert wurde, dass sein resultierendes Volumen plus dem Volumen der hinzugekommenen Staubmassen nur noch gerade so gross als das ursprüngliche Volumen des Mondmateriales allein ist, oder dass die herabgestürzten Staubmassen selbst bis auf das Volumen 0 komprimiert worden wären, so könnte doch immer nur ein $\varepsilon = 0$ resultieren, nie aber ein negativer Wert; wo sollten z. B. für Scheiner, für den $\varepsilon = -27$ ist, die zugestürzten Staubmassen hingekommen sein?"

Durch seine mühevolle Untersuchung hat also Dr. Ebert nachgewiesen, dass zwischen den Grössen, welche die Ringgebirgsform charakterisieren, für die Mondringgebirge gewisse Beziehungen bestehen, welche geeignet sein dürften, auf die Art der Entstehung dieser Gebilde Licht zu werfen. Freilich zeigen sich überall individuelle Verschiedenheiten, so dass, wenn auch allgemeine, durchgreifende Momente nicht zu verkennen sind, die Prozesse, denen die Mondringgebirge ihre Entstehung verdanken, grosse individuelle Verschiedenheiten in der speziellen Ausbildung zugelassen haben müssen. Jedenfalls aber zeigt sich, dass man im stande ist, auf dem eingeschlagenen Wege nicht unwichtige Anhaltspunkte über die Beurteilung jener eigentümlichen Gebirgsform zu gewinnen, welche die Oberfläche unserer Nachbarwelt auszeichnet.

Über die Beschaffenheit der Gesteine der Mondoberfläche suchte J. J. Landerer durch vergleichende Bestimmung der Polarisationswinkel irdischer Gesteine mit denjenigen gewisser Teile der Mondoberfläche Aufschluss zu erhalten [1]). Zu diesen Messungen war erforderlich, dass eine polierte Fläche des zu untersuchenden Gesteines hergestellt wurde. Da letzteres aber nicht homogen, sondern aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt ist, klebte man es horizontal auf die Platte einer kleinen Winde und drehte diese so schnell, dass man von den makroskopisch sichtbaren Bestandteilen nur einen Gesamteindruck empfing, wenn man einen von der Mitte entfernten Punkt mit dem analysierenden Fernrohre fixierte. Es stellte sich dabei heraus, dass die relativen Werte der Polarisationswinkel von verschiedenen Fundorten stammender Stücke eines Gesteins ziemlich gut übereinstimmten, so z. B. gaben die Basalte von Cantal, Olot und Almeria bezw. 31° 43′, 31° 42′, 31° 47′. Ausser von einer Reihe Gesteinen ist der Polarisationswinkel auch von natürlichem, nicht schmelzendem Eise gemessen worden, weil nach einer bekannten Hypothese die Mondoberfläche auch aus Eis bestehen sollte. Die Genauigkeit der Messungen ist übrigens um so

[1]) Compt. rend. 1890. **111.** p. 210.

grösser, je kleiner und spärlicher die makroskopischen Elemente des Gesteins sind, und je stärker der Bruchteil des polarisierten Lichtes, oder je dunkler das Gestein ist; die Fehler des relativen Mittels beim Vitrophyr und Basalt sind daher kleiner als die bei den Gesteinen der Granitgruppe; im ganzen übersteigt der mittlere Fehler nicht 5′, ganz so wie bei den Messungen, welche Verf. am Monde ausgeführt hat. Von den gewonnenen Zahlenwerten sollen hier nur einige hervorgehoben werden. Der Polarisationswinkel betrug beim Ophit 30° 51′, Syenit 31° 34′, Basalt 31° 43′, Serpentin 32° 10′, Trachyt 32° 16′, Granit 32° 20′. Diabas 32° 47′, Porphyr 32° 52′, Vitrophyr 33° 18′, Obsidian 33° 46′, Eis 37° 20′.

Unter diesen verschiedenen Stoffen hat nur der Vitrophyr einen Polarisationswinkel, der demjenigen der dunklen Teile des Mondes gleichwertig ist. Das Gestein stammt aus der Rhodope-Kette, ist von schwarzer Farbe und enthält grobe Krystalle von Sanidin, Magnetit und Hornblende in einer fluidalen, nicht perlitischen Paste. Es sei ferner erwähnt, dass auch das Aussehen dieses Gesteins mit dem der Mondmeere übereinstimmt. Herr Landerer glaubt, aus seinen Befunden eine Wahrscheinlichkeit dafür ableiten zu dürfen, dass die dunkle Masse des Mondes ein Vitrophyr oder ein ähnliches vulkanisches Gestein sei

Die photographische Aufnahme der Mondoberfläche wird auf dem Lick-Observatorium am grossen Refraktor mit steigendem Erfolge fortgesetzt. Die dort erhaltenen Photographien ertragen eine mehrfache Vergrösserung und lassen alsdann eine ungeahnte Menge von feinem Detail erkennen. Prof. Weinek in Prag hat es unternommen, nach diesen Vergrösserungen möglichst treue Zeichnungen anzufertigen, und er berichtet über den Fortgang seiner Arbeit bis jetzt folgendes: „Im Laufe dieser Arbeiten wurden mehrere Objekte auf dem Monde gefunden, welche weder in der 2 Meter grossen Mondkarte von Schmidt, noch in den ein Meter grossen Karten von Mädler und Lohrmann enthalten sind. Unter denselben sind namentlich zwei hervorzuheben, welche auch für kleinere Instrumente von nur 6 und 4 Zoll Öffnung gut erkennbar erscheinen, und welche die Frage nahe legen, warum sie wohl von den genannten trefflichen Selenographen übersehen worden sein mögen, während diese viel kleinere Objekte mit aller Sorgfalt und Genauigkeit verzeichnet haben.

Das erste Objekt ist eine grosse Rille, welche die Wallebene Thebit nahe meridional durchzieht und eine Länge von 28 Kilometern hat. Prof. Weinek entdeckte dieselbe Ende März 1891 auf der Lick-Photographie vom 27. August 1888 (Mondalter = 20 Tage) und schrieb darüber an Professor Holden, den Direktor der Lick-Sternwarte, am 9. April 1891: „Anbei sende ich Ihnen eine schnell angefertigte, ziemlich treue Kopie meiner zehnfach vergrösserten Tuschierung von Thebit (südlich von

Arzachel). Ich wählte, trotzdem ich noch inmitten anderer Arbeiten stehe, auch dieses Objekt, weil dasselbe im Innern von ζ nach ε hin (vgl. Neison's Mondatlas, Tafel XIV), eine Rille zeigt, die einem Bruche in der Sohle täuschend ähnlich sieht und weder bei Lohrmann oder Mädler, noch bei Schmidt irgendwie angedeutet ist. Diese Rille in Thebit, welche im nördlichen Teile gegen Osten hin zwei Abzweigungen zu besitzen scheint, stellt sich auf der genannten Photographie noch deutlicher als die von Triesnecker westlich liegende Rille dar und besitzt dem Ansehen nach einen völlig gleichen Charakter. In der Nacht vom 31. April l. J. um $2^1/_2$ Uhr morgens, wo die Beleuchtungsverhältnisse für den Mond nahe dieselben wie am 27. August 1888 waren, konnte ich mich mit dem Steinheil'schen 6-Zöller trotz des niedrigen Mondstandes (Deklination = —25°) und grosser Luftunruhe ziemlich sicher von der Realität jenes Bruches im Innern von Thebit auch optisch überzeugen. Meine sofort mit Dr. H. J. Klein in Köln eingeleitete Korrespondenz ergab, dass auch dieser erfahrene Mondbeobachter eine solche Thebitrille nicht kennt, und dass auch bei Gruithuisen nichts darüber zu finden ist. Wir hätten also in diesem Falle eine photographisch entdeckte Rille, die jedoch nicht neu entstanden zu sein braucht, da man ihre bisherige Nichtwahrnehmung auch aus der möglicher Weise kurzen Sichtbarkeitsdauer derselben und aus dem Umstande, dass die Astronomen gegen Morgen nicht gerne beobachten, erklären kann. — Ich bemerke noch, dass Mädler und Neison den vom Krater A nordwestlich liegenden kleinen Krater unrichtig an den Aussenwall von Thebit verlegt haben. Er liegt nach der Photographie am Innenwalle und so, dass er auch als zur Sohle gehörig (vgl. Schröter) betrachtet werden kann. Schmidt und Lohrmann zeichnen ihn ziemlich richtig. Dagegen muss der Höhenzug im Innern von Thebit nach der Photographie entschieden anders als bei Schmidt aufgefasst werden."

Professor Holden antwortete am 29. April, dass er die Thebitrille auf dem Originalnegative vom 27. August 1888 verifiziert habe, und dass er auf anderen Negativen Spuren von derselben erkenne.

Das zweite Objekt betrifft einen Mondkrater von $4^1/_2$ Kilometer Durchmesser, den Professor Weinek am 22. Mai 1891 südlich von der Verbindungslinie Pallas-Triesnecker im Sinus Medii (südöstlich von Chladni) auf der Lick-Photographie vom 15. August 1888 (Mondalter = 8 Tage) entdeckte und auf den Karten von Schmidt, Mädler, Lohrmann und Neison vergeblich suchte[1]). Da ein Duplikat der bemerkten Platte in Prag nicht vorhanden ist, und auch das dunkle, runde Objekt von nur 0.2 Millimeter Durchmesser auf dem Negative auch ein Fehler des-

[1]) Astr. Nachr No. 3055.

selben sein konnte, obwohl dies nach der Nuanzierung des Fleckes und seiner Umgebung nicht wahrscheinlich erschien, so wurde wieder Professor Holden am 23. Mai 1891 um die Verifizierung des gefundenen Objektes auf Grund der an der Lick-Sternwarte zahlreich aufbewahrten Negative ersucht. Direktor Holden erwiderte am 10. Juni d. J., indem derselbe konstatiert, dass dieser Krater auch auf den Negativen vom 24. August, 22. September und 3. November 1890 sichtbar ist, also wirklich existiert. Zugleich konnte er aus der vorzüglichen Aufnahme vom 22. September 1890 zahlreiches weiteres Detail der Umgebung von erstaunlich feinem Charakter den Prager Wahrnehmungen hinzufügen. Ferner zeigt Holden an, dass er diesen Krater auch auf einem Silberdrucke nach einem an der Sternwarte in Melbourne aufgenommenen Negative am 1. September 1873 (Alter des Mondes 9 Tage) auffinden konnte. Es sei noch erwähnt, dass dieser Krater kurze Zeit nach dem ersten Viertel zu suchen wäre, und zwar, indem man die Verbindungslinie von Pallas zu Triesnecker halbiert und deren halbe Länge vom Halbierungspunkte aus senkrecht nach Süden hin aufträgt.

Mars.

Das Jahr 1890 brachte für die astronomische Beobachtung vielfach ungünstiges Wetter, besonders während der Opposition des Mars war, wenigstens in Deutschland, die Witterung vielfach zu feinen Untersuchungen nicht geeignet. Dazu kam der tiefe Stand des Planeten, so dass die Ausbeute von vornherein nicht sehr hoffnungsvoll erschien. Auch Prof. Schiaparelli in Mailand war durch diese ungünstigen Umstände behindert; dennoch gelang es ihm, mehrere Zeichnungen der Mondoberfläche zu erhalten, von denen er Herrn Terby in Louvain Kopien sandte. Aus den Erläuterungen, die Herr Prof. Schiaparelli dazu giebt, sei hier folgendes hervorgehoben: „Was die Zeichnung vom 16. Mai anbelangt, so ist zu bemerken, dass die unten liegenden Kanäle Protonilus, Deuteronilus, Collirhoe, Boreosyrtis, Astuapes, Pyramus und die Seen Ismenius und Arethusa, mit dem sie vereinigenden Fragmente des Euphrates sehr leicht sichtbar waren. Dagegen sind Phison, Typhon und Orontes als Kanäle verschwunden, und an ihrem Orte sind nur Streifen von einem etwas dunkleren Rot als die Umgebung übrig geblieben, die nicht scharf begrenzt sind, und von denen es nur möglich war, Existenz und Farbe zu konstatieren. Am selben Tage erschien Terra Deucalionis sehr schön und merkwürdiger Weise am Ende breiter als am Anfange, was ich zum ersten Male sah. Am 4. und 5. Juni konnte ich ziemlich gut die Gegend zwischen Iris und Titan (zwischen den Meridianen von 110° und 170°) des Mare Sirenum und Eurotas (zwischen

der Parallele von 30° südlich und 50° nördlich) sehen. Dieses Gebiet ist wiederum ziemlich leer von bemerkenswerten Objekten, wie 1877 und 1879, von Kanälen sind nur zweifelhafte Spuren vorhanden.

Am Abend des 9. Juni wurden neue Ergebnisse erhalten, welche auf der Zeichnung dargestellt sind. Man sieht die grosse Teilung des Chrysorrhoas und Nilokeras, diese letztere dunkler und deutlicher, obgleich auch die andere sehr sichtbar ist. Das meiste Interesse aber gewähren Thaumasia und Lacus Solis, auch letzterer hat sich der Verdoppelung, welche alles auf dem Planeten tyrannisiert, nicht entziehen können; er ist durchschnitten von einem gelblichen Streifen, welcher ihn in zwei ungleiche Teile teilt. Der Lacus Tithonius ist ebenfalls in zwei dunkle Schatten zerfallen. Die früheren Ausläufer des Lacus Solis sind verschwunden, aber dafür sind vier neue vorhanden, von denen der am meisten links befindliche über Aurea Cherso geht.

Man betrachte auf der Zeichnung vom 9. Juni den Kanal, welcher mit 1 bezeichnet ist Am 4. Juni war er deutlicher oder stärker als am 6.; am gleichen Tage, den 4. Juni, war keine Spur der mit 2 und 3 bezeichneten Kanäle zu sehen, 48 Stunden später dagegen war sie von grösster Augenfälligkeit".

In einem Briefe an Dr. Terby vom 21. Juni bemerkt Professor Schiaparelli, dass zwei neue Verdoppelungen den Sinus Sabaeus fast unkenntlich gemacht haben. Diese neuen Thatsachen sind von der grössten Seltsamkeit. Der Lacus Solis ist jener dunkle Fleck, den Mädler 1830 sah und auf seiner Karte mit d bezeichnete, doch war er damals offenbar nicht sehr auffällig, sondern trat erheblich hinter den Fleck a (Schiaparellis Fastigium Aryn) im Sinus Sabaeus zurück Dieser letztere ist also nach Schiaparelli jetzt auch im Vergleiche zu früher ganz umgestaltet, und es scheint, dass die Veränderungen der Oberfläche des Mars einen ganz ungeahnten, geradezu ungeheuren Umfang annehmen.

Am 36-Zoller der Lick-Sternwarte ist der Planet Mars 1890 während der Monate Juni, Juli und August auch regelmässig verfolgt worden. Zeichnungen desselben wurden am 3., 9., 12., 26., 30. April, 3., 11., 15.. 18., 21., 25. Mai, 5., 6. Juni, 6. Juli, 5. und 6. August erhalten. An der Verfertigung dieser Zeichnungen nahmen gewöhnlich drei Beobachter Teil Die Herren Holden und Keeler sahen dabei die Kanäle stets als dunkle, breite, etwas verschwommene Streifen. Bei schlechter Luft wurden sie von Herrn Schaeberle ebenso gezeichnet; bei guter Luft sah sie dagegen letzterer als schmale Linien von etwa 1 Bogensekunde Breite. Am 12. April sah Herr Schaeberle zwei von diesen Kanälen verdoppelt, was also die Wahrnehmungen des Herrn Schiaparelli bestätigt. Rätselhaft aber bleibt es, wie es kommt, dass zwei Beobachter in ihren Angaben, wonach die

Kanäle nicht doppelt erscheinen, übereinstimmen, während der dritte ebenso wie Herr Schiaparelli die Duplizität erkennt. Die Farbenkorrektion des grossen Refraktors kann diese Eigentümlichkeit kaum völlig erklären.

An den Abenden des 5. und 6. Juli 1890 zeigt der grosse Refraktor nahe der Lichtgrenze des schon damals eine starke Phase zeigenden Mars einen hellen Fleck, ähnlich denjenigen hellen Punkten, die man in der Nachtseite des Mondes nahe der Lichtgrenze sieht, und welche auf dem Monde bekanntlich Bergspitzen sind, die von der Sonne beleuchtet werden, während der Fuss in Nacht liegt. Herr Keeler sah am 5. Juli 10^h einen sehr schmalen, hellen, elliptischen Fleck. 1.5″ bis 2″ lang im nördlichen Teile der Marsscheibe, der mit der Lichtgrenze einen kleinen Winkel bildete. Die Luft war ausgezeichnet, und 30^m später war der helle Fleck schon (infolge der Rotation) auf die Scheibe des Mars eingetreten und zeigte sich hell auf dunklem Grunde. Am nächsten Abende wurde die Erscheinung höchst sorgfältig wieder beobachtet. Man konnte einen ähnlichen hellen Fleck während einer Stunde sehen und selbst zwei, die sich vereinigten. Um 10^h 25^m war der Anblick genau wie am 5. Juli. Wahrscheinlich handelt es sich um Wolken, die über der Marsoberfläche schwebten.

Die Marsmonde hatten während der Opposition von 1890 höchstens nur 0.6 der Helligkeit, welche sie bei ihrer Entdeckung am 26-Zoller zu Washington zeigten. Am 36-Zoller der Lick-Sternwarte sind sie gleichwohl ohne Schwierigkeit gesehen worden, und zwar im nämlichen Gesichtsfelde mit Mars selbst, ohne dass letzterer verdeckt zu werden brauchte. Zu verschiedenen Malen wurden sie sogar von ungeübten Personen, die kamen, um durch das grosse Instrument zu sehen, aufgefunden. Während der Monate April und Mai 1890 wurden von zwei der Astronomen des Lick-Observatoriums sorgfältige Nachforschungen nach etwaigen neuen Marsmonden angestellt, doch waren die Witterungsverhältnisse nicht eben günstige. Das Resultat war, dass innerhalb der Bahn des Deimos kein anderer Mond existiert, welcher auch nur $^1/_4$ der Helligkeit dieses letzteren besitzt. Es ist dagegen möglich, obgleich nicht wahrscheinlich, dass ein so schwacher Satellit ausserhalb der Bahn des Deimos oder innerhalb derjenigen des Phobos existieren könnte[1]).

Jupiter.

Die rote Wolke, die seit Ende der siebziger Jahre auf dem Jupiter erschienen ist, hat seit dem vergangenen Jahre wieder an Lebhaftigkeit ihrer Färbung gewonnen und zeigt nach Gestalt und Grösse gegen früher keine wesentliche Veränderung.

[1]) Publ. of the Astron. Society of the Pacific 1891. **3.** p 14.

Dieser rote Fleck ist auch von Denning wiederholt beobachtet worden. Aus zwei Beobachtungen, die um 909 Rotationen des Jupiter auseinander liegen, findet er[1]) die Rotationsdauer 9^h 55^m 40.9^s und schliesst daraus, dass die eigene Bewegung des Flecks sich während der letzten 12 Monate etwas verlangsamt hat. Zwei helle Flecke lieferten als Rotationsdauer 9^h 55^m 18.2^s, und zwei dunkle Flecke in den Streifen nördlich vom nördlichen Äquatorialstreifen ergaben 9^h 49^m 27.2^s. Diese letzteren haben also eine sehr bedeutende Eigenbewegung in der Rotationsrichtung. Helle Flecken, die annähernd in gleichen jovizentrischen Breiten sich befanden, lieferten als Rotationsdauer 9^h 55^m 38.3^s, also nur 2.6^s weniger, wie der rote Fleck.

Eine genaue Darstellung der Jupiteroberfläche hat Herr Keeler am 36-zolligen Refraktor der Lick-Sternwarte am 28. August 1890 $8^1/_4$ Uhr mittlerer Zeit von Mt Hamilton ausgeführt. Sie beruht im einzelnen auf Mikrometermessungen und giebt nach dem Urteile von H. Barnard eine vortreffliche Darstellung dessen, was der grosse Refraktor vom Planeten Jupiter zeigt Herr Keeler bemerkt bei dieser Gelegenheit, dass nach seinen Wahrnehmungen alle kleinen Flecke, welche der grosse rote Fleck erreicht, von ihm seitwärts gedrängt werden und um denselben sich herum bewegen. In den letzten Jahren hat nach demselben Beobachter das Aussehen des Jupiter beträchtliche Veränderungen erlitten. Die langen Ströme der äquatorialen Zone, welche 1889 die am meisten charakteristischen Gestalten auf dem Planeten bildeten, scheinen zu verschwinden, und nur Reste derselben sind 1890 übrig geblieben. Dabei hat die Äquatorialzone viel von ihrer früheren Weisse verloren, dafür bilden die kleinen dunklen Fleckchen in dem nördlichen rostfarbigen Streifen eine der interessantesten Erscheinungen. Als Herr Barnard sie im April 1890 zuerst sah, erschienen sie schwärzlich oder doch sehr dunkel und rund, Ende August dagegen waren sie dunkelrot und in der Richtung der Streifen in die Länge gezogen. Auf der südlichen Hemisphäre waren kleine weisse Flecke zu sehen, die, aber augenfälliger, auch schon 1889 beobachtet wurden. Es schien dem Beobachter, als wenn die Thätigkeit der inneren Kräfte auf dem Jupiter 1890 etwas nachgelassen hätten.

Anscheinende Verdoppelung des ersten Jupitermondes. Herr E. E. Barnard vom Lick-Observatorium berichtet über eine äusserst seltsame Wahrnehmung: „In der Nacht des 8. Septbr. während der Beobachtung des Jupiter am 12-Zoller waren wir Zeuge einer bemerkenswerten Erscheinung. Satellit I, welcher häufig als dunkler Fleck über die Scheibe des Jupiter zieht, zeigte sich als blassgrauer Fleck auf der hellen äquatorialen

[1]) Observatory 1891, p. 208.

Region des Planeten. Nach Anwendung starker Vergrösserungen von 500- und 700fach und bei einem so ausgezeichneten Luftzustande, als wir nur hier hatten, erschien der 1. Jupitermond deutlich doppelt, aus zwei übereinander stehenden Teilen bestehend. Gelegentlich sah man deutlich eine helle Linie den Satelliten in zwei nahe gleiche Teile trennen. Nach seinem Durchgange durch die Mitte der Scheibe (welche $7^h\,24.7^m$ mittl. Zeit von Mt. Hamilton erfolgte) untersuchte Herr Burnham zusammen mit mir den Satelliten. Auch er sah mit Bestimmtheit die Erscheinung der scheinbaren Duplizität. Unglücklicher Weise wurden die Beobachtungen unterbrochen durch einen Schwarm von Besuchern des Observatoriums, und der Satellit konnte während des Restes seines Vorübergangs nicht genügend mehr überwacht werden. Es ist keinerlei Ungewissheit bei beiden Beobachtern über die Erscheinung vorhanden, und es giebt nur zwei Erklärungen dessen, was wir sahen. Vielleicht ist die Annahme eines hellen Streifens auf dem betreffenden Monde parallel den Jupiterstreifen zur Erklärung der Wahrnehmung genügend. Ist dies aber nicht die wahre Erklärung, so bleibt keine andere, als den betreffenden Mond des Jupiter wirklich als doppelt zu betrachten. Sein Schatten war völlig rund. Später wurde dieser Mond auch vor der Jupiterscheibe untersucht, allein die Bilder waren zu indifferent, um etwas zu entscheiden. Der grosse 36-zollige Refraktor hatte gerade seine photographische Linse vor und konnte deshalb nicht auf den Planeten gerichtet werden."

Vorübergang des vierten Jupitermondes als schwarzer Fleck. Eine sehr merkwürdige Beobachtung hat Herr Barnard am 12-zolligen Refraktor des Lick-Observatoriums am 13. August 1890 beim Vorübergange des 4. Mondes vor der Jupiterscheibe gemacht.

In jener Nacht, so schreibt er[1]), als ich den Jupiter beobachtete, sah ich auf dessen Scheibe etwas, was ich zuerst für den Schatten eines seiner Monde hielt. Als ich den Nautical Almanac zu Rate zog, fand ich indessen, dass es der 4. Mond selbst sei, der einen seiner Vorübergänge als dunklen Fleck darbot. Nunmehr wurden sorgfältige Beobachtungen während der ganzen übrigen Zeit des Durchgangs angestellt. Mit allen Vergrösserungen des 12-zolligen Refraktors bis zu 500fach erschien der Mond völlig schwarz und rund, und keinerlei Details waren auf dieser Scheibe zu erkennen. Er stand etwas entfernt und voraufgehend den zwei eigentümlichen kleinen dunklen Flecken, welche am Nordrande des äquatorialen Streifens erschienen sind, und war fast völlig mit diesen in gleicher Breite. Da die Rotation des Jupiter rascher ist als die scheinbare Bewegung des Satelliten, so überholten die beiden Flecke den

[1]) Public. of the astron. Society of the Pacific **2.** p. 52.

Satelliten, und der vorangehende ging hinter ihm hinweg, und man sah ihn schliesslich an der vorangehenden Seite des Satelliten austreten. Genau ging der Fleck etwas nördlich vom Zentrum des Satelliten vorüber, und man sah bei dieser Konjuktion den 4. Mond an einer Seite wie von einer Penumbra umgeben, wobei der Mond bedeutend schwärzer war als der Fleck.

Als der Satellit etwa $^3/_4$ seines Weges durch die Scheibe war, schien er eine leichte bräunliche (rötlich-schwarze) Nüance anzunehmen, allein diese leichte Beimischung von Rot verschwand bald, und der Mond blieb durchaus von kalter schwarzer Farbe. Als er sich dem Rande näherte, wurde er kleiner und schien nördlich und südlich ein wenig ausgedehnt, verlor aber nichts an Schwärze. Zuletzt, als er als sehr kleiner schwarzer Fleck und noch nicht in Kontakt mit dem Rande des Jupiter erschien, wurde ein kleiner Teil seiner Scheibe als Hervorragung über den Jupiterrand wahrgenommen, und als die Scheibe nahe halb heraus war, erschien sie nicht rund, sondern keilförmig. Beim Austritte blieb der Teil der Satellitenscheibe vor dem Jupiter schwarz, der andere erschien dagegen so hell wie die benachbarten Teile der Jupiterscheibe. Als der Trabant endlich frei vom Jupiter war, erschien er äusserst klein und gleichförmig aschgrau, ohne dass irgend etwas auf seiner Scheibe zu erkennen war. Im Vergleiche zu dem ersten Monde, welcher ihm nahe voraufging, war er nicht über $^1/_4$ im Durchmesser und vielmal weniger hell. Während des letzten Teiles des Vorüberganges, ausgenommen die Zeit des Austrittes selbst, hat sich Herr Schaeberle an den Beobachtungen beteiligt. Nach dem Austritte kamen wir zu dem Schlusse, dass, wenn der Satellit so gross erschiene wie Jupiter, alsdann seine Helligkeit beträchtlich geringer als die des letzteren sein würde. Mit dem Streifen verglichen, auf welchem er beim Vorübergange so tintenschwarz war, erschien uns nunmehr der Trabant gleich hell. Als der Trabant nahe der Mitte seines Vorüberganges war, erschien er nach sorgfältiger Prüfung Herrn Schaeberle und mir völlig schwarz und rund. Die Beobachtungen dieses „schwarzen" Durchganges, die unter günstigeren Umständen geschahen, als jemals früher, überzeugen mich von der völligen Unrichtigkeit der Hypothese, dass die Dunkelseite etwa „der plötzlichen Bildung grosser Flächen einer nicht-reflektiven Oberfläche des Satelliten" zuzuschreiben sei. Die Ursache der Schwärze muss man nicht in dunklen Flecken auf den Satelliten suchen, sondern vielmehr in einem besonderen Umstande, der nur allein während des Vorüberganges vor der Jupiterscheibe wirkt und vielleicht in irgend einem besonderen Phänomene des Lichtes selbst besteht, wie ich solches als eine mögliche Erklärung schon vor einigen Jahren vermutet habe. Nach den obigen Wahrnehmungen und in Verbindung mit dem, was ich beim 4. und 3. Monde früher gesehen, würde ich der Hypothese von Flecken oder lokalen

Veränderungen an der Oberfläche dieser Satelliten nicht für einen Augenblick beitreten, die Erklärung muss anderswo gesucht werden. Dagegen möchte ich nicht so verstanden werden, als leugnete ich die Existenz von Flecken auf jenen Monden, denn im Juni letzten Jahres habe ich an 700 facher Vergrösserung des 12-zolligen Refraktors bestimmt unregelmässige Flecke auf dem 3. Monde des Jupiter gesehen."

Die wunderbare Erscheinung, welche Herr Barnard im Vorstehenden beschreibt, ist nicht nur von ihm, sondern auch von Herrn C. B. Hill vom Chabot-Observatorium wahrgenommen worden. Derselbe schreibt[1]) darüber folgendes:

„Während ich einige Besucher unseres Observatoriums unterhielt, richtete ich den $8^1/_2$-zolligen Refraktor auf den Jupiter und sah, dass der 4. Mond, der eben vor der Scheibe vorüberging, vollständig schwarz erschien und in seiner Schwärze sogar noch mehr hervortrat, als sonst der Schatten zu thun pflegt. Sobald als die Besucher mich verlassen hatten, eilte ich an das Telephon, um Herrn Professor Barnard auf dem Lick-Observatorium Nachricht zu geben, freilich nur um zu hören, dass die Erscheinung diesem nicht entgangen sei. Mit starken Vergrösserungen von 400- bis 500 fach blieb der Satellit völlig schwarz und vollkommen rund, während das übrige Detail auf der Jupiterscheibe an Schärfe verlor, und jede Spur von den kleinen dunklen Fleckchen in den Streifen verschwand." Man kann sich nur dem Wunsche des Herrn Hill anschliessen, dass alle Berichte über Anomalien beim Vorübergange der Jupitermonde vor der Scheibe ihres Planeten einmal von kundiger Hand gesammelt und diskutiert würden, um zu bestimmten Schlüssen über die mögliche Ursache der Erscheinung zu kommen.

Saturn.

Dieser Planet ist am grossen Refraktor zu Washington bei jeder Opposition während der Jahre 1875—89 von Prof. Hall beobachtet worden, und hat derselbe seine Wahrnehmungen nunmehr veröffentlicht[2]).

Die Beobachtungen begannen im Juni 1875, veranlasst durch mehrere Wahrnehmungen von Herrn Trouvelot, der besondere Eigentümlichkeiten des Schattens der Kugel auf dem Ringe erblickt hatte. Nach der damaligen Opposition verfolgte deshalb Prof. Hall den Saturn sehr aufmerksam, konnte jedoch nichts besonderes erkennen ausser dem Auftreten eines weissen Fleckes nahe beim Äquator der Saturnkugel am 7. Dezbr. 1876. Am 11., 14. und 25. Oktober 1880 bei sehr guter Luft und starker Vergrösserung erschien das Innere der Cassini'schen

[1]) a. a. O p. 244.
[2]) Washington Observations 1885. Appendix II Washington 1890.

Trennung nicht schwarz, sondern ähnlich dem Crapring. Die sogenannte Encke'sche Trennung war nicht sichtbar, erst am 28. Nov. 1882 war sie auf einem Ringhenkel zu sehen. So blieb sie bis 1889 bald sehr schwach angedeutet, bald völlig unsichtbar.

Als Ergebnis seiner 14 Jahre lang an einem der grössten und mächtigsten Instrumente der Welt fortgesetzten Beobachtungen bemerkt Prof. Hall, dass die Kugel des Saturn sehr wenig Veränderungen gezeigt habe. Die bemerkenswerteste war das Auftreten des weissen Fleckes am 7. Dezbr. 1876. Gegen die Pole hin erschien Saturn stets von dunkelgrauer Farbe mit einigen schwachen Streifen. Was den Schatten der Kugel auf dem Ringe anbelangt, so zeigte dieser 1876 die Anomalie, dass er gegen die Kugel hin konvex erschien, während nach der geometrischen Anschauung das entgegengesetzte der Fall sein sollte. Diese Anomalie zeigte sich nur, wenn der Ring sehr schmal war, bei weit geöffnetem Ringe war die Krümmung der Schattengrenze stets, wie sie sein sollte, von der Kugel abgewandt. Keinerlei Einschnitt ist jemals am Rande des Schattens wahrgenommen worden, obgleich Prof. Hall gerade hierauf ganz besonders achtete, da dergleichen häufig in Abbildungen des Saturn dargestellt wird, gleichsam als wenn es eine ziemlich permanente Erscheinung wäre. Diese Nichtwahrnehmung von Ausbuchtungen der Begrenzung des Schattens auf der Ringfläche ist höchst merkwürdig, denn sie ist von anderen Beobachtern, die ebenfalls an grossen Instrumenten arbeiteten, thatsächlich gesehen und gezeichnet worden. So von Herrn Stroobant am 14-zolligen Refraktor der Brüsseler Sternwarte 1887, ja 1874 im Dezember sah Herr Trouvelot am nämlichen 26-zolligen Refraktor, mit welchem Prof. Hall beobachtete, die Einkerbung des Schattens auf der Ringfläche äusserst augenfällig. Dieser Umstand darf nicht ausser Acht gelassen werden. Der dunkle Ring erschien Prof. Hall stets scharf und leicht wahrnehmbar, niemals zeigte sich eine Trennungslinie zwischen ihm und dem hellen Ringe. Auf letzterem war die Cassini'sche Trennung stets leicht zu sehen, sie machte nicht den Eindruck einer vollständigen Trennung, sondern es schien, als sei der Zwischenraum von kleinen Teilchen einer feinen Materie mehr oder weniger erfüllt; die Ränder der Spalte zeigten sich gewissermassen als rauh oder verwaschen und unscharf. Auf der Anse wurde aber keinerlei Ausbuchtung dieser Linie wahrgenommen. Die Encke'sche Trennung erschien nie als bestimmte, scharfe Trennungslinie, meist aber an ihrer Stelle zu Zeiten ein matter Strich. Die Veränderungen im Aussehen des Saturn in aufeinander folgenden Nächten, wie sich solche am 26-zolligen Refraktor zeigen, sind nach Prof. Hall hauptsächlich unserer Atmosphäre zuzuschreiben, bei guten Bildern sind stets alle anormalen Erscheinungen verschwunden. Zum Schlusse teilt Prof. Hall die Ergebnisse seiner Mikrometermessungen der

Dimension des Saturn mit. Dieselben ergeben, auf die mittlere Entfernung des Planeten reduziert:

Äusserer Durchmesser des Ringsystems		40.45″ ± 0.042″
Mitte der Cassini'schen Trennung	. .	34.53″ ± 0.025″
Breite der Cassini'schen Trennung	. .	0.42″
Innerer Rand des dunklen Ringes	. .	20.52″
„ „ „ hellen Ringes	. . .	25.75″
Äquatorialdurchmesser des Saturn	. .	17.72″ ± 0.030″.

Die angegebenen Werte für die Durchmesser des Ringsystems und des Saturn entsprechen fast genau den Mittelwerten aus allen Messungen von Bradley, M. Struve, Encke, Otto Struve und Hall, und dieser Mittelwert ergab 173000 englische Meilen für den äusseren Durchmesser des Ringes und 75900 englische Meilen für den äquatorialen Durchmesser der Saturnkugel.

Im Jahre 1890 hat Herr Stroobant auf der Brüsseler Sternwarte am dortigen 14-zolligen Refraktor Beobachtungen über das Aussehen der Ringe des Saturn angestellt. Das Ringsystem zeigte sich damals unter ungünstigen Verhältnissen, indem es mehr und mehr schmal wurde in der Richtung gegen die Gesichtslinie zur Erde hin. Der Beobachter fasst seine Wahrnehmungen in folgender Weise zusammen:

Äusserer Ring A. Eine Teilung dieses äusseren Ringes konnte mit keiner Spur wahrgenommen werden. Dieser Ring erschien stets etwas dunkler als der mittlere Ring B. Am 3. April schien es dem Beobachter, als wenn die östliche Ringanse etwas breiter sei als die westliche.

Die Cassini'sche Trennung war auf den Ansen stets leicht sichtbar, dagegen wurde es sehr schwierig, sie auch auf dem schmalsten Teile des Ringes, also vor dem Planeten selbst, noch wahrzunehmen. Die beiden Abbildungen (welche der Beobachter machte) zeigen, dass diese Hauptteilung auf der vorderen und hinteren Hälfte des Ringes nicht immer mit gleicher Leichtigkeit, resp. gleich weit gesehen werden konnte.

Der mittlere Ring B konnte infolge der schrägen Lage des ganzen Ringsystemes nicht so genau gesehen werden, dass Details auf demselben zu unterscheiden gewesen wären. Es schien der äussere Rand (gegen die Cassini'sche Trennung hin) wie immer viel heller.

Der dunkle Ring C war stets mit Leichtigkeit sichtbar. Der Beobachter konnte jedoch mit Gewissheit die von Struve wahrgenommene dunkle Linie in demselben nicht erkennen, obgleich er diese 1887 wiederholt gesehen hatte. Wahrscheinlich wird dieses Mal die Lage des Ringsystems wieder günstig werden. Der innere Rand von C erschien Herrn Stroobant stets recht unregelmässig. Auf der westlichen Anse sah er am 3. April eine deutliche Verengerung und am 30. desselben Monats zwei Ausschnitte oder Einkerbungen, wie eine Abbildung des näheren zeigt.

Die Breite des dunklen Ringes scheint ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen zu sein; am 14. März erschien er schmal, kaum $^1/_3$ so breit, als das Intervall zwischen B und der Kugel des Saturn, während am 4. April seine Breite reichlich die Hälfte dieses Zwischenraums betrug. Am letztgenannten Tage konnte Herr Stroobant eine bestimmte Änderung in der Lage der Trennungslinie der Ringe B und C feststellen. „Auf den ersten Blick“, sagt er, „wurde ich sogleich überrascht von dem geringen Raume, welchen der dunkle Ring und der noch dunklere Raum zwischen diesem und der Saturnkugel einnahmen. Ich schätzte die Breite der Ringe A und B zu $2^1/_3$ mal so gross, als die Breite von C und den dunklen Raum bis zum Rande der Kugel. Herr Stuyvaert und ich führten jeder eine Reihe von Mikrometermessungen aus, welche übereinstimmend ergaben, dass die Breite der Ringe A und B etwas grösser war als das Doppelte von C und dem Raume bis zur Saturnkugel. Nimmt man 11.28″ als mittleren Wert für den Raum vom äussersten Rande von A bis zur Saturnkugel, so ergiebt sich für den Raum vom äusseren Rande des dunklen Ringes bis zum Planeten der Wert von 3.72″, während zahlreiche Messungen zu anderen Zeiten dafür einen mittleren Wert von 4.29″ ergaben. Nur die Beobachtungen von Otto Struve gaben einen ebenso geringen Wert wie die obige. Es ergiebt sich ferner aus unseren Messungen, dass das System der Ringe A und B am 30. April im Westen etwas breiter war als im Osten; für den Ring C fand das entgegengesetzte statt“.

Vor der Kugel des Planeten erschien der dunkle Ring stets etwas dunkler als in früheren Jahren, was übrigens einfach daher rühren kann, dass der Ring jetzt schmaler gesehen wird.

Der Schatten des Saturn auf den Ringen zeigte sich stets deutlich, aber konvex gegen die Kugel. Am Saturn selbst wurde nichts besonderes wahrgenommen.

Masse des Saturn. Eine neue Bestimmung der Saturnsmasse mit dem Heliometer der Sternwarte der Yale-Universität hat Asaph Hall durch Messungen des Titan in den Jahren 1885 bis 1886 und 1886 bis 1887 ausgeführt [1]. Die halbe grosse Axe der Bahn dieses Trabanten fand sich aus der ersten Beobachtungsreihe zu 176.599″ + 0.0263″, aus der zweiten zu 176.501″ + 0.0405″ und aus dem Mittel beider die Masse des Saturnsystems $= \frac{1}{3500.1 + 1.44}$ der Sonnenmasse. Bessel's Wert aus den Messungen des Titan ist nach Struve endgültig $\frac{1}{3502.5 + 0.77}$. Struve's Messungen an Japetus ergaben $\frac{1}{3500.2}$ und an Titan $\frac{1}{3495.7}$.

Die Bahnen der Saturnsmonde Mimas und Enceladus

[1] Transactions of the Observatory of Yale-University 1. part II.

sind von Herrn Struve durch Beobachtungen am 30-zolligen Refraktor zu Pulkowa genauer untersucht worden [1]). Die kurze bezügliche Bemerkung im vorigen Bande dieses Jahrbuches, muss hier weiter ausgeführt werden, da die Struve'schen Untersuchungen von grösster Bedeutung sind. Dieselben haben es ermöglicht, zwei Beziehungen zwischen den inneren Trabanten nachzuweisen, welche für die Theorie sowohl dieser Trabanten, wie auch des Saturnsystems im allgemeinen, von grosser Bedeutung sind und darüber hinaus als merkwürdige Gesetze der Himmelsmechanik ein allgemeines Interesse in Anspruch nehmen dürfen.

Schon eine vorläufige Sichtung des Beobachtungsmaterials zeigte, dass die bisher angenommene mittlere Bewegung des Mimas einer beträchtlichen Korrektion bedürfe, ferner dass die Bahnebene dieses Mondes noch stärker gegen den Saturnäquator geneigt ist als die Bahnebene der Tethys und eine rückläufige Bewegung ihrer Knoten auf dem Äquator von etwa 1° pro Tag besitzt, derzufolge nach Ablauf eines Jahres die Bahnebene wieder nahezu in dieselbe Lage zurückkehrt Endlich stellte sich heraus, dass die Bahn von Mimas eine sicher nachweisbare Exzentrizität besitzt und eine fortschreitende Bewegung des Perisaturniums von ungefähr dem gleichen Betrage wie die Knotenbewegung. „Die raschen Änderungen, denen hiernach die Bahn von Mimas unterworfen ist, und die sich in den Beobachtungen schon während eines Zeitraumes von 10 bis 15 Tagen deutlich bemerkbar machen, liessen eine Vereinigung der sich über mehrere Monate hin erstreckenden Messungen nicht zu, sondern machten es notwendig, schon gleich bei einer ersten Näherung auf die Störungen Rücksicht zu nehmen. Aus den Bedingungsgleichungen ergaben sich alsdann für die beiden hier in Betracht kommenden Jahre folgende Elemente:

Epoche (M. Z. Greenw.):		1888 April 0·0	1889 April 0·0
Mittl. Länge	E	337° 4′	87° 25′
Exzentrizität	e	—	0.016
Perisaturnium	P	94°	105°
Neigung der Bahn	γ	—	1° 26′
Länge des Knotens	Θ	64°	59°

Bewegung von P in einem Jahre $= + 371° + 10°$
„ „ Θ „ „ „ $= - 365° + 5°$

γ und Θ beziehen sich hier auf den Saturnäquator, und zwar ist zur Länge Θ die Länge des Äquatorknotens auf der Ekliptik hinzugefügt.“

Die Vergleichung der Beobachtungen zu Pulkowa mit denjenigen, welche 1882–86 Prof. Hall in Washington angestellt, zeigte unzweifelhaft eine Zunahme der mittleren Bewegung des Mimas, und da nach Herrn Struve's Beobachtungen 1886—89 gleichzeitig eine Abnahme der Bewegung von Tethys stattfindet, so ist die Vermutung gerechtfertigt, dass zwischen beiden ein

[1]) Astr. Nachr. No. 2983—84.

ursächlicher Zusammenhang stattfindet. Der fernere Umstand, dass Struve's Beobachtungen keine Exzentrizität für die Bahn der Tethys ergaben, macht es wahrscheinlich, dass jener Zusammenhang auf die beträchtlicheren Neigungen, welche beide Bahnen gegen den Saturnäquator haben, zurückzuführen ist. Herr Struve zeigt im einzelnen, dass die Bahnelemente beider Monde langsamen Veränderungen um einen mittleren Wert unterliegen, welche sich besonders in den Längen der zwei Satelliten bemerklich machen. Die Periode und Amplitude dieser Schwankungen wurden von Herrn Struve genauer bestimmt, und er kommt zu dem Satze, dass die Konjuktionen von Mimas und Enceladus um einen Punkt herum oscillieren, der in der Mitte zwischen den niedersteigenden Knoten ihrer Bahnen auf der Ebene des Saturnäquators liegt. Sie schwanken um diesen Punkt etwa 45° nach jeder Seite, und die Periode ist 68 Jahre. Sobald die Periode bekannt ist, gelingt es auch, Werte für die Massen der beiden Monde zu berechnen, und es fand sich in Teilen der Saturnsmasse für Tethys $\frac{1}{707\,000}$, für den Mimas nur $\frac{1}{11\,500\,000}$. Von grosser Wichtigkeit für die Ableitung jener Periode sind die älteren Beobachtungen, und infolge dessen hat Herr Struve diese einer genauen Prüfung unterzogen. Letztere ist auch deshalb von Interesse, weil sie zeigt, wie schwierig es ist, den innersten Saturnsmond überhaupt nur zu sehen, und welche Irrtümer über angebliche Wahrnehmung desselben von Beobachtern an nur mittleren Instrumenten mit untergelaufen sind. Herr Struve sagt: „Für Mimas bildet den Ausgangspunkt die grosse Beobachtungsreihe von W. Herschel aus dem Jahre 1789. Dieselbe ist schon früher von Mädler bearbeitet worden. Wegen der grossen Bedeutung dieser Reihe schien es jedoch wichtig, die Ableitung von Mädler noch durch eine unabhängige Rechnung zu prüfen, und es wurden hierzu zwei Beobachtungen ausgewählt, die unter ausnahmsweise günstigen Umständen angestellt sind und wohl einzig in ihrer Art dastehen, nämlich ein Eintritt des Trabanten in die Planetenscheibe, am 16. Okt., und ein Austritt aus derselben, der sich zwei Tage später ereignete. Die Verbindung dieser beiden Beobachtungen ermöglicht eine zuverlässige Bestimmung der Epochenlänge für Herschel, die mit dem Mädler'schen Resultat innerhalb der möglichen — schon durch die Exzentrizität bedingten — Fehlergrenzen bis auf wenige Grade übereinstimmt. Dieser Beobachtungsreihe folgen 58 Jahre, während welcher der Trabant — wenn man von einer vereinzelten und überdies zweifelhaften Wahrnehmung von J. Herschel 1836 absieht — den Blicken der Beobachter entschwunden war. Erst im Jahre 1847 glückte es Lassell, denselben wieder aufzufinden und während eines Zeitraums von etwa 10 Jahren zu verfolgen. Die Mehrzahl seiner Beobachtungen bezieht sich auf Elongationen des Trabanten, doch finden sich

unter denselben auch einige Konjuktionen mit den Enden der Ansen. Hieran schliessen sich die von Lassell und Marth in den Jahren 1863 bis 1865 auf Malta ausgeführten Beobachtungen. Dieselben sind von hervorragender Bedeutung. Es folgen nun die schon oben besprochenen Washingtoner Mikrometermessungen, 1874 bis 1879 von Newcomb, Hall und Holden ausgeführt, und schliesslich Hall's Konjunktionsbeobachtungen 1882 bis 1886.

Aus neuerer Zeit besitzen wir ausserdem in den Toulouser Bobachtungen eine ziemlich umfangreiche Reihe, die Struve jedoch nicht näher untersucht hat, und, da sie der Epoche der Washingtoner Beobachtungen nahe liegt, vorläufig unberücksichtigt liess. Ferner wäre zu erwähnen, dass Jacob in seiner grossen Beobachtungsreihe der Saturnstrabanten (Madras 1856—58) auch 26 auf Mimas bezügliche Beobachtungen, nämlich Messungen von Positionswinkeln anführt. Dieselben lassen sich aber in keiner Weise mit den Beobachtungen von Lassell und den späteren von Marth vereinigen und müssen deshalb in das Gebiet der optischen Täuschungen verwiesen werden. Gleicherweise sind die ersten drei Beobachtungen von Lassell aus dem Jahre 1846 als irrtümlich zu bezeichnen. Lassell hat den Trabanten, wie Struve vermutet, erst 1848 zum ersten Male gesehen.

Herr Struve geht nunmehr zur Untersuchung der Bahnverhältnisse des Enceladus über. Die Beobachtungen dieses Mondes begannen gleich im ersten Jahre nach der Aufstellung des grossen Refraktors, wurden seitdem regelmässig durch fünf Oppositionen fortgeführt und bestehen fast ausschliesslich in Verbindungen dieses Trabanten mit Tethys. Anfangs lag die Absicht vor, aus ihnen bloss die Elemente von Enceladus abzuleiten. Da sich jedoch in der Folge herausstellte, dass diese Verbindungen denjenigen von Rhea mit Tethys durchaus ebenbürtig sind, auch an Zahl den letzteren nur wenig nachstehen, so wurden schliesslich auch hier die Elemente für beide Trabanten abgeleitet, wodurch die früheren Bestimmungen für Tethys eine unabhängige, sehr wertvolle Kontrolle erfuhren.

Von den Resultaten dieser Beobachtungen führt Herr Struve nur die Elemente an, die sich für Enceladus, und zwar für die vier vorausgegangenen Oppositionen ergeben haben.

Elemente von Enceladus.

Mittlere Epoche	1886.205	1887.221	1888.222	1889.221
Red. M. Z. Greenw	März 17.0	März 23.0	März 24.0	März 23.0
Mittl. Länge E	166° 43′.5	80° 17′.0	23° 22′.7	257° 59′.7
Red. mittl. Länge E_0 (1886)	166 43.5	166 51.6	167 27.4	167 46.3
Neigung (n) } Ekliptik	167 54.6	167 52.6	167 40.5	167 56.5
Knoten (i) } Ekliptik	28 3.3	28 3.5	28 6.7	28 7.0
Perisaturnium P	289°.1	56°.2	180°.0	209°.4
Exzentrizität e	0.0047	0.0039	0.0065	0.0035

Beim Enceladus findet Herr Struve eine ähnliche Wirkung der Dione wie bezüglich des Mimas durch die Tethys und drückt diese Wirkung in folgendem Satze aus: „Die Konjuktionen von Enceladus und Dione finden beim Perisaturnium des Enceladus statt und schwanken um diesen Punkt herum.“ Als Masse der Dione findet sich $\frac{1}{528\,000}$, während diejenige des Titan $\frac{1}{4700}$ ist. Diese Massen sind 7—8 mal geringer, als nach photometrischen Gesetzen aus dem Vergleiche mit Titan folgen würde, für Mimas sogar 22 mal. Man muss hiernach schliessen, dass im Saturnsysteme (wie in demjenigen des Jupiter) die Eigenhelligkeit der Satelliten in dem Masse grösser ist, als sie ihrem Hauptplaneten näher stehen.

Neptun.

Photographische Aufnahmen des Neptun und seines Trabanten hat J. Roberts in der Zeit vom 9. Dezember 1890 bis zum 24. Februar 1891 erhalten, und zwar auf 16 Platten nach Expositionen von 15 Minuten bis 3 Stunden [1]. Da der Durchmesser des photographischen Bildes von Neptun ungefähr gleich ist der grossen Axe der projizierten Bahn des Mondes, so konnte dieser nur auf der Photographie erscheinen, wenn er sich innerhalb eines Abstandes von 45° von der Apsidienlinie befand. Aber auch wenn der Planet den Mond auf dem übrigen Teile seiner Bahn nicht verdecken würde, könnte er nicht photographiert werden, weil dann seine Bewegung eine zu schnelle ist. Ein beachtenswertes Ergebnis dieser interessanten Leistung ist, dass die Photographien in keiner Weise die Existenz eines anderen Mondes als des von Lassell entdeckten andeuten.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1890. Dieses Jahr brachte 7 Kometen, worunter der periodische Komet von d'Arrest. Ausserdem gelang es auf der Lick-Sternwarte, die Kometen 1889 I, II und V noch in Entfernungen von der Erde zu beobachten, wie solches früher niemals zu hoffen war. Bei dem Kometen 1889 V, dem periodischen Brooks'schen, konnten sogar die Beobachtungen in einer Opposition, die nicht mit dem Perihel zusammenfällt, angestellt werden. Bei dem Kometen 1889 I konnte die letzte Ortsbestimmung auf der Lick-Sternwarte noch erhalten werden, als seine Entfernung von der Sonne 6,37, von der Erde 6,34 Erdbahnradien betrug. Die weiteste Entfernung von der Sonne, bis zu welcher früher einmal ein Komet verfolgt wurde,

[1] Monthly Notices Royal Astr. Soc. 1891. **51.** p. 439.

ist 4,53 Erdbahnradien (bei dem Kometen 1811 I), und die weiteste Entfernung von der Erde betrug 5,16 bei dem grofsen Septemberkometen 1882 II. Die Beobachter auf Mt. Hamilton glaubten sogar, es werde möglich sein, den Kometen 1889 I auch noch bei seiner vierten Opposition im Frühjahre 1891 aufzufinden. Dies ist in der That gelungen, indem Hr. Spitaler am 27-zolligen Refraktor der Wiener Sternwarte den Kometen am 1. Mai 1891 fand[1]), freilich als äusserst schwaches, nur mit grösster Anstrengung des Auges wahrnehmbares Lichtfleckchen von 5″ Durchmesser. Nach dieser Beobachtung hat die Sichtbarkeitsdauer dieses Kometen 970 Tage überschritten, ein früher niemals für möglich gehaltener Fall.

Bezüglich der Kometen des Jahres 1890 ist der definitiven Zusammenstellung von Dr. Kreutz[2]) das Folgende entnommen:

„Komet 1890 I (Borelly 1889 Dez. 12). Die letzte Ortsbestimmung vor der Konjunktion mit der Sonne ist am 16. Jan. 1890 von Campbell in Ann Arbor kurz vor Anbruch der Morgendämmerung angestellt worden. An demselben und am vorhergehenden Tage hat Backhouse in Sunderland den Kometen spektroskopisch beobachtet; das Spektrum zeigte die drei gewöhnlichen Kohlenwasserstoffbänder ohne sonstige Linien; am 15. Jan. waren ausserdem Spuren eines kontinuierlichen Spektrums zu erkennen. Der Schweif, der sich erst im Januar entwickelt zu haben scheint, zeigte nach Backhouse am 16. d. M. eine Länge von 45′, am 19. Januar, wegen der grossen Nähe am Horizonte, nur mehr eine Länge von 5′.

Die Hoffnung, dafs der Komet nach der Konjunktion mit der Sonne trotz der stark verminderten Helligkeit wieder aufgefunden werden würde, ist nicht erfüllt worden.

Die folgenden Elemente von Prof. Krueger, abgeleitet aus drei Beobachtungen am 12. u. 13. Dez. u. 9. Jan., werden sich wegen der grösseren Zwischenzeit dem ganzen Beobachtungsmateriale etwas genauer als diejenigen des Herrn Berberich anschliessen.

$$T = 1890 \text{ Jan. } 26.51732 \text{ m. Zt. Berlin}$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 208^0\ 17'\ 59{,}1'' \\ \Omega &= 8^0\ 23'\ 20{,}9'' \\ i &= 56^0\ 44'\ \ 0{,}7'' \end{aligned}\right\} \text{ M. Äq. 1890,0}$$

$$\log q = 9.430\,920$$

Komet 1890 II wurde am 19. März 1890 16^h m. Zt. von W Brooks in Geneva N. Y. als ziemlich helle, runde Nebelmasse mit sternähnlichem Kerne und kurzem Schweife entdeckt. Die ausserordentlich günstige Stellung des Kometen — vom Mai bis August war er für die nördlichen Sternwarten zirkumpolar —

1) Astr. Nachr. Nr. 3035.

2) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 1891. **26.** Heft 1. p. 69 u. ff.

verbunden mit der langsamen Änderung der Helligkeit hat ausgedehnte Beobachtungsreihen desselben ermöglicht. Zur Zeit des Maximums der Helligkeit, Anfang Juni, hatte die Coma einen Durchmesser von 4′; die sternähnliche Verdichtung 9.10ter Grösse war sehr deutlich ausgeprägt, der Schweif war nur kurz und überstieg nicht die Länge von 10′ bis 15′. Gegenwärtig (Mitte Januar) ist die Helligkeit des Kometen auf den dritten Teil der Entdeckungshelligkeit gesunken, ohne dass deshalb die Beobachtungen hätten abgebrochen zu werden brauchen. Am 15. Mai 1890 wurde der Komet von Rayet in Bordeaux photographisch aufgenommen: die Expositionszeit, 1 Stunde, erwies sich aber nicht als ausreichend zur Erkennung der feineren Details. Mit besserem Erfolge ist die photographische Aufnahme von Trépied in Algier am 22. Mai, mit einer Expositionsdauer von 2 Stunden, gekrönt worden. Diese Aufnahme ist noch insofern interessant, als hier der erste Fall vorliegt, dass eine Ortsbestimmung eines Kometen durch Ausmessung der Position auf einer photographischen Platte abgeleitet worden ist.

Die nachfolgenden, aus drei Beobachtungen am 21. März, 18. April und 24. Mai von Dr. F. Bidschof abgeleiteten Elemente haben sich für die Verfolgung des Kometen während der ganzen Beobachtungsdauer als ausreichend erwiesen.

$T =$ 1890 Juni 1.5360 m. Zt. Berlin

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 29^\circ\,15'\,12{,}1'' \\ \Omega &= 320^\circ\,20'\,32{,}2'' \\ i &= 120^\circ\,33'\,5{,}4'' \end{aligned}\right\} \text{M. Äq 1890,0}$$

$\log q = 0.280\,524$

Komet 1890 III, entdeckt von J. Coggia in Marseille am 18. Juli. Der Komet bildete bei der Entdeckung eine ziemlich helle, runde Nebelmasse von 2′ Durchmesser, mit einer zentralen Verdichtung, nahm aber bei nach Süden gerichtetem Laufe so rasch an Helligkeit ab, dafs er nicht über Mitte August hinaus verfolgt werden konnte. Die letzte Beobachtung ist am 13. Aug. auf dem Mount Hamilton angestellt worden.

Aus drei Beobachtungen, am 19., 22. und 27. Juli, hat Herr L. Boss die folgenden Elemente berechnet.

$T =$ 1890 Juli 8.6858 m. Zt. Berlin

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 100^\circ\,18'\,16'' \\ \Omega &= 14^\circ\,24'\,50'' \\ i &= 63^\circ\,15'\,2'' \end{aligned}\right\} \text{M. Äq. 1890,0}$$

$\log q = 9.88403$

Komet 1890 IV, entdeckt am 15. Nov. von T. Zona in Palermo. Die Entdeckung geschah mehr als ein Vierteljahr nach dem Durchgange durch das Perihel, und da zudem die Entfernung von der Erde stark in Zunahme begriffen war, musste die Helligkeit des Kometen, der in den ersten Tagen der Sichtbarkeit als

mässig heller Nebel von 1′ Durchmesser mit Anzeichen einer zentralen Verdichtung geschildert wird, rasch abnehmen.

Dr. Holetschek macht darauf aufmerksam, dass der Komet Ende März 1890 dieselbe günstige Stellung zu Sonne und Erde wie Mitte November eingenommen hat. Seine südliche Deklination, -33^0, hat wohl damals die Entdeckung verhindert

Die folgenden Elemente von F. Ristenpart, abgeleitet aus den Beobachtungen vom 18. Nov., 8. und 28.—29. Dez., werden voraussichtlich nur noch unwesentlich von den definitiven abweichen

$$T = 1890 \text{ Aug. } 7.1928 \text{ m. Zt. Berlin}$$

$$\left.\begin{array}{l} \pi = 56^0\,44'\,26{,}3'' \\ \Omega = 85^0\,22'\,39{,}8'' \\ i = 154^0\,19'\,0{,}7'' \end{array}\right\} \text{M. Äq. } 1890{,}0$$

$$\log q = 0.311\,358$$

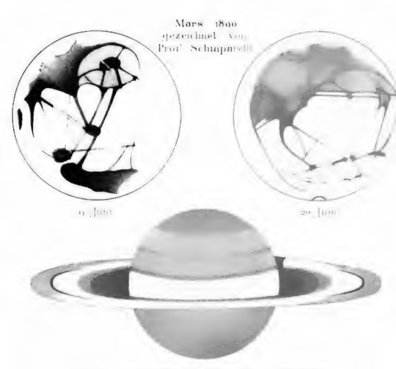
D'Arrest'scher Komet 1890 V. Auf Grund der Leveau'schen Ephemeride [1], nach welcher der Durchgang durch das Perihel auf 1890 Sept. 17,5 zu legen ist, ist im Frühlinge und Frühsommer des vergangenen Jahres mehrfach nach dem d'Arrest'schen Kometen erfolglos gesucht worden. Es ist deshalb als ein glücklicher Umstand zu preisen, dass Barnard auf der Lick-Sternwarte am 6. Oktober in 19^h AR und -26^0 Dekl. einen Kometen entdeckte, dessen Identität mit dem d'Arrest'schen sich sofort nach einem Einblicke in die Leveau'sche Ephemeride herausstellte. Der Komet war auch in den grösseren Fernrohren ausserordentlich schwach und blass; eine Verdichtung war in der 1′ bis $1^1/_2$′ grossen Nebelmasse gar nicht oder nur sehr schwach wahrzunehmen. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, ist zur Zeit nicht bekannt; die letzte publizierte Beobachtung datiert von Virginia den 13. Dez.

Im Jahre 1870 ist der Lauf des Kometen — das Perihel fiel auf den 22. September — durchaus analog demjenigen im vorigen Jahre gewesen. Damals wurde der Komet von Winnecke in Karlsruhe, nach mehreren vergeblichen Nachforschungen im Juli und August, am 31. des letzteren Monats mit einem $4^1/_2$-zölligen Refraktor aufgefunden und bis zum 25. September beobachtet worden. Die letzte Beobachtung stellte Schmidt in Athen am 20. Dezember 1870 an. Wenn man die Bemerkungen der damaligen Beobachter durchsieht, und wenn man bedenkt, dass 1890 ganz andere Fernrohre als 1870 zu Gebote standen, so wird man sich der Ansicht kaum verschliessen können, dass 1890 die Lichtstärke des d'Arrest'schen Kometen bei weitem nicht mehr dieselbe wie in den früheren Jahrzehnten gewesen ist.

Komet 1890 VI, vor den beiden vorhergehenden Kometen am 23. Juli von W. F. Denning in Bristol als schwache, runde

1) Astron. Nachr. Nr. 2959.

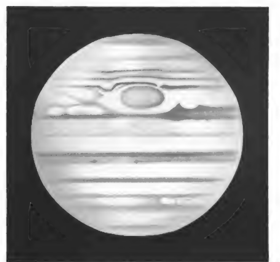
Mars 1890
gezeichnet von
Prof. Schiaparelli



[illegible]. Juni

[illegible]. Juni

Saturn 3. April 1890 gez. von Paul Stroobant



Jupiter 1890 28. August 8^h. 14m.
gezeichnet von J. E. Keeler.

Digitized by Google

Nebelmasse von 1′ Durchmesser mit zentraler Verdichtung entdeckt. Dasselbe Aussehen behielt der Komet während seiner ganzen Erscheinung bei; selbst im Maximum der Helligkeit Ende August, überstieg er nicht die Helligkeit eines Sternes 12. Grösse. Sein stark nach Süden gerichteter Lauf machte den Beobachtungen auf der Nordhalbkugel bereits mit Anfang Oktober ein Ende. Die Sternwarten der südlichen Hemisphäre wurden aber von seiten der Zentralstelle rechtzeitig mit einer telegraphisch übermittelten Ephemeride versehen, so dass dort der Komet trotz der Abnahme der Lichtstärke einen Monat länger verfolgt werden konnte. Zuletzt ist der Komet, soweit bis jetzt bekannt, von Thome in Cordoba am 7. November beobachtet worden.

Die Elemente von Prof. Krueger, abgeleitet aus den Beobachtungen vom 24. Juli, 19. Aug. und 18. Sept. lauten:

$$T = 1890 \text{ Sept. } 24.51527 \text{ m. Zt. Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{l}\pi = 263^0\ 7'\ 26{,}1''\\ \Omega = 100^0\ 7'\ 8{,}5''\\ i = 98^0\ 56'\ 30{,}0''\end{array}\right\} \text{M. Äq } 1890{,}0$$
$$\log q = 0.100448$$

Komet 1890 VII (Spitaler). Als Herr Spitaler am 16. November mit dem 27-Zöller der Wiener Sternwarte den tags vorher von Zona entdeckten Kometen 1890 IV aufsuchen wollte, stiess er in der Gegend, wo derselbe stehen sollte, auf ein kometenartiges Objekt 13. Grösse, das aber wegen seiner grossen Lichtschwäche dem als ziemlich hell angekündigten Kometen Zona nicht zu entsprechen schien. Ein weiteres Nachsuchen hatte sodann die Auffindung des Kometen Zona zur Folge, aber auch das erstere in seiner unmittelbaren Nähe stehende Objekt zeigte eine deutliche Ortsveränderung zwischen den umliegenden Sternen, so dass an seiner kometenartigen Natur kein Zweifel mehr herrschen konnte. Das anhaltend schlechte Wetter, die Lichtschwäche des Objektes, sowie der Umstand, dass die nach Amerika telegraphisch übermittelte Nachricht von der Entdeckung nicht rechtzeitig in die Hände der Astronomen der Lick-Sternwarte gelangte, verhinderten in den nächsten Wochen weitere Beobachtungen des Kometen; erst vom 4. Dezember ab, an welchem Tage ihn Spitaler in der Nähe von σ Aurigae wieder auffand, konnten die regelmässigen Ortsbestimmungen beginnen, die auch gegenwärtig, obschon die Helligkeit des Kometen auf die Hälfte der Helligkeit zur Zeit der Entdeckung gesunken ist, ihr Ende noch nicht erreicht haben dürften Besondere physische Eigentümlichkeiten hat der Komet nicht dargeboten; er hatte das gewöhnliche Aussehen eines runden Nebels von $^1/_2{}'$ Durchmesser mit deutlichem Kerne.

Die besten zur Zeit bekannten Elemente, welche den Kometen in die Klasse der periodischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit versetzen, sind vom Entdecker selbst aus drei Beob-

achtungen, am 16. Nov, 8. u. 29. Dez., abgeleitet worden. Dieselben lauten:

$T = 1890$ Okt. 26.60123 m. Zt. Berlin.
$\pi = 58^0\ 25'\ 58{,}2''$
$\Omega = 45^0\ 5'\ 51{,}7''$ M. Äq. 1890,0
$i = 12^0\ 50'\ 44{,}5''$
$\varphi = 28^0\ 7'\ 39{,}4''$
$\mu = 556{,}240''$
$U = 6{,}3785$ Jahre.

In der zweiten Hälfte des Jahres 1887 ist der Komet im niedersteigenden Knoten dem Jupiter sehr nahe gewesen, so dass die Möglichkeit vorliegt, dass er erst seit dieser Zeit seine gegenwärtige Bahn beschreibt.

Der Brorsen'sche Komet wurde für Anfang 1890 bei seiner Wiederkehr zur Sonne erwartet, ist aber nicht aufgefunden worden. Dr. Kreutz hat deshalb die Helligkeits- und Sichtbarkeitsverhältnisse desselben während der früher beobachteten Erscheinungen untersucht[1]) und kommt zu folgendem Ergebnisse:

„Nach der Vorausberechnung von Prof. E. Lamp fiel im Jahre 1890 das Perihel auf den 24. Febr.; die Erscheinung musste also ein vollständiges Analogon zu der sehr günstigen ersten Opposition 1846 III bilden. Da trotzdem der Komet weder vor, noch nach dem Perihel aufgefunden ist, müssen wir an der Hand der vorhergehenden Betrachtungen den notwendigen Schluss ziehen, dass derselbe eine mit den früheren Oppositionen durchaus nicht in Einklang zu bringende Lichtschwäche gezeigt hat. Darüber, ob der Komet thatsächlich für uns verloren ist, werden spätere Oppositionen zu entscheiden haben."

Die Kometen des Jahres 1891 sind folgende:

Komet 1891 I (Barnard-Denning), entdeckt am 29. März von Barnard auf Mt. Hamilton und am 30. März von Denning in Bristol.

Komet Wolf, bei seiner zweiten Rückkehr von Spitaler am 1. Mai und von Barnard am 3. Mai aufgefunden.

Encke'scher Komet, bei der diesmaligen Rückkehr von Barnard am 2. August entdeckt.

Bestimmung der Bahn des Kometen 1857 III. Dieser am 22. Juni 1857 von Klinkerfues in Göttingen entdeckte Komet war nur teleskopisch, und die Beobachtungen desselben erstrecken sich bloss über einen Zeitraum von 28 Tagen. Seine Bahn wurde damals von Villarceau und Pape berechnet. In neuerer Zeit sind jedoch noch Beobachtungen über diesen Kometen bekannt geworden, und Hr. Rudolf König unternahm deshalb eine neue, definitive Bahnberechnung, die er unlängst der

1) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 1891. **26.** p. 76 u. ff.

Akademie der Wissenschaften vorgelegt hat.[1]) Bei dieser Untersuchung wurde ein Hauptwert auf die Ermittelung genauer Positionen der Vergleichssterne gelegt. Hr. König hat alle seit 1790 erschienenen Kataloge durchgesehen und neuere, in Cambridge, Leyden, Bonn und Paris angestellte Meridianbeobachtungen benutzen können, so dass er sehr zuverlässige Örter abzuleiten in der Lage war. Es wurden aus der Gesamtheit der verwendbaren Beobachtungen 7 Normalorte gebildet und diese mit dem letzten von Pape berechneten Elementensysteme verglichen, worauf die Verbesserung dieses Systems mit Hilfe von Differentialquotienten vorgenommen wurde. Die Auflösung der Normalgleichungen zeigt, dass eine Exzentrizität der Bahn nicht sicher zu erkennen ist, weshalb die Eliminationsgleichungen unter Annahme einer parabolischen Bahn aufgelöst wurden und folgendes wahrscheinlichstes Elementensystem ergaben:

$T = 1857$ Juli 18.011 4722 mittl. Berliner Zeit

$$\left.\begin{aligned} \Omega &= 23^0\,41'\,30{,}9'' \\ \omega &= 134^0\;\;3'\,17{,}1'' \\ i &= 221^0\;\;1'\;\;1{,}5'' \end{aligned}\right\} \text{ mittl. Äquin. } 1857{,}0$$

$q = 0.367\,5347$

Eine Berücksichtigung des störenden Einflusses der Planeten war unwichtig, da bei der grossen Neigung und der Lage des während der Sichtbarkeitsperiode beschriebenen Bogens der Komet sich keinem der grossen Planeten derart näherte, dass eine Berücksichtigung der Störungen das obige Resultat merklich geändert hätte.

Der grosse Septemberkomet 1882 II. Dr. H. Kreutz hat seine früher begonnenen Untersuchungen über die Bahn dieses Kometen zu Ende geführt, wobei er zu Resultaten gelangte, die in wesentlichen Punkten von den früheren abweichen[2]). Dieser Komet ging bekanntlich am 17. Sept. 1882 in einem Abstande von nur 60 000 Meilen an der Sonnenoberfläche vorbei, also durch die Korona. Sein Kern, der vorher einfach und rund war, nahm nachher eine längliche Form an und zerfiel Anfang Oktober in vier einzelne Kerne (1, 2, 3 und 4 in der Reihenfolge ihres Abstandes von der Sonne), die sich in den folgenden Monaten immer weiter von einander entfernten. Im allgemeinen war der Kernpunkt (2) der hellste gewesen; auf diesen Punkt hatte Dr. Kreutz in seiner ersten Abhandlung alle vorhandenen Beobachtungen bezogen und so die Bahn bestimmt, für die sich eine Umlaufszeit von 772.0 Jahren ergab. Wenn nun auch vor der Teilung des Kernes der Schwerpunkt des Kometen aller Wahrscheinlichkeit nach nur in dem Kerne selbst liegen konnte,

---

[1]) Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wissensch., mathem.-naturw. Kl. **100.** Abt. II. 1891.

[2]) Publikationen der Sternwarte Kiel. VI. Kiel 1891.

so blieb es doch völlig ungewiss, in welchem der vier Teilkerne später der Schwerpunkt zu suchen war. Er konnte, wie mit (2), ebensogut mit (1), (3) oder (4) zusammenfallen, ja es war selbst möglich, dass er an irgend einer keineswegs durch besondere Helligkeit ausgezeichneten Stelle auf der Linie sich befand, welche durch die vier Kerne hindurchging.

Dr. Kreutz hat alle diese Möglichkeiten auf Grund der Beobachtungen geprüft. Das Resultat der umfangreichen Rechnungen lautet, dass nur der Punkt (1) (der sonnennächste) in einer Bahn läuft, welche merklich von der Bahn des ursprünglichen, einfachen Kernes abweicht, dass aber die anderen drei Kerne oder irgend eine zwischen denselben liegende Stelle der Kernlinie mit gleichem Rechte als Schwerpunkt des Ganzen aufgefasst werden können. Mit anderen Worten, die Bahnen aller Punkte, die innerhalb der Kerne (2) und (4) liegen, gehen, rückwärts verlängert, gleich genau durch die im September angestellten Beobachtungen des ungeteilten Kernes. Die Bahnen der vier Teilkerne sind allerdings unter sich sehr verschieden, und zwar hauptsächlich in den Umlaufszeiten, welche der Reihe nach 670, 770, 880 und 960 Jahre betragen.

Für den ursprünglichen Kern wissen wir aus dem Vorhergehenden, dass die Umlaufszeit von 670 Jahren [Kern (1)] ausgeschlossen ist. Auch die von 770 Jahren ist, wie Dr. Kreutz zeigt, weniger wahrscheinlich als eine noch grössere, etwa die des dritten Kernes (880 Jahre); als obere Grenze ist, wie aus besonderen Eigentümlichkeiten der Bahnen der Teilkerne sich nachweisen lässt, der Wert von 1000 Jahren anzusehen, so dass wir also nicht mehr erfahren können, als dass der Komet das vorige Mal zwischen 880 und 1110 unserer Zeitrechnung erschienen sein muss. Die nächste Wiederkunft findet natürlich für jeden Einzelkern besonders statt, und zwar werden, da die oben angegebenen Umlaufszeiten bis auf ein oder zwei Prozente sicher zu sein scheinen, statt des Kometen 1882 II vier Kometen um die Jahre 2550, 2650, 2760 und 2840 wiederkehren. Eine ähnliche frühere Katastrophe mag wohl die Geburtsstunde der Kometen 1843 I, 1880 I, sowie 1887 I gewesen sein, deren Bahnen gleichfalls viel Ähnlichkeit mit der des zunächst von Dr. Kreutz untersuchten 82er Kometen zeigen.

Dr. Kreutz stellt nun noch die Frage nach der Ursache der Teilung; es genügt die ganz einfache Annahme einer Kraft, welche, vom Mittelpunkte des ursprünglichen Kernes aus wirkend, zur Zeit der Sonnennähe die Geschwindigkeiten der einzelnen Teile etwas modifizierte. Die Ablösung der äusseren Kerne (1) und (4) würde nur eine relative Änderung der Geschwindigkeiten von 2,6 m bedingen, während die Bahngeschwindigkeit 478 km (im Perihel) betrug. Man denkt unwillkürlich an die rasche Ausdehnung des Kernes infolge der rapiden Erwärmung in der

unmittelbaren Nähe bei der Sonne, braucht also gar nicht nach sonstigen Naturkräften zur Erklärung zu suchen. Von einem Widerstande in der Sonnenatmosphäre, die in einer Höhe von 60 000 Meilen noch nicht ganz fehlen wird, ist aber nichts zu verspüren. Wir müssten sonst für die Umlaufszeit vor der Teilung einen viel grösseren Wert als 1000 Jahre annehmen, was den Septemberbeobachtungen direkt widerspricht.

Der scheinbare Zusammenhang der heliozentrischen Perihellänge mit der Perihelzeit der Kometen ist von Dr. Holetschek studiert worden[1].

Die Kometen werden, abgesehen von ihrer wahren Grösse, um so leichter sichtbar, je bedeutender die Helligkeit ist, welche sie für uns erreichen können. Für einen bestimmten Kometen wird diese Helligkeit am grössten, wenn seine Erdnähe, soweit es möglich ist, mit seiner Sonnennähe zusammentrifft. Je mehr die Kometen diese Bedingung erfüllen, je kleiner also die Differenz zwischen der heliozentrischen Länge des Perihels l und der während des Periheldurchganges T stattfindenden heliozentrischen Länge der Erde L + 180° ist, desto leichter sind sie wahrzunehmen, und desto mehr werden sie unter den bekannten Kometen das Übergewicht haben.

Um zu sehen, bis zu welchem Grade diese Regel von den einzelnen Kometen bestätigt wird, hat Dr. Holetschek für jeden Kometen die Differenz l — L + 180°, für Periheldistanzen unter 0,3 die Differenz l — L gebildet. Aus diesem Verzeichnisse ist sofort zu ersehen, dass kleine Werte dieser Differenz in der That viel häufiger als grosse sind. Da unter den Kometen, welche die Regel am meisten bestätigen, fast alle periodischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit enthalten sind, ist die Untersuchung auch nach Ausschluss jener 31 Kometen vorgenommen worden, deren Umlaufszeit die des Halley'schen Kometen, 76 Jahre, nicht übersteigt: aber auch bei dieser Einschränkung ist das bedeutende Übergewicht der kleineren über die grösseren Werte von l — L + 180°, wie die letzte Kolumne der folgenden Übersicht zeigt, immer noch vorhanden. Um ferner zu sehen ob diese Gesetzmässigkeit auch für verschiedene Zeitalter gilt, sind die Kometen in vier nahezu gleich grosse Gruppen geteilt und dabei als Grenzpunkte zwischen den drei ersten die Erscheinungen des Halley'schen Kometen in den Jahren 1759 und 1835 gewählt worden.

l — L + 180°	—1759	1759—1835	1835—1864	1865—1890	Zusammen
0° bis 60°	37	37	38	23	135
60° bis 120°	15	19	19	19	72
120° bis 180°	11	9	8	15	43
	63	65	65	57	250

[1]) Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie in Wien 1890. Nr. 16. p. 157

Während der drei ersten Zeiträume offenbart sich also die Regel in ziemlich gleichem Masse. Dass sie im vierten weniger bemerkbar ist, rührt, wie eine nähere Untersuchung lehrt, von den Jahren 1871—1880 her; in den Jahren 1881—1890, in welchen der Himmel besonders sorgfältig durchforscht worden ist, findet sie aber wieder ihre volle Bestätigung.

Die Kometen mit $q < 0.3$ verhalten sich zu der Forderung, dass die kleinen Werte von $l - L$ die grossen an Zahl überwiegen sollen, in folgender Weise:

$l - L$	
0^0 bis 60^0	19
60^0 bis 120^0	10
120^0 bis 180^0	7
	36

Die Regel zeigt sich also auch hier, fällt jedoch, weil die Gesamtmenge dieser Kometen eine geringe ist, nicht so sehr in die Augen, wie bei den Kometen mit $q > 0.3$. Bei diesen erscheint das bedeutende Übergewicht kleiner Werte von $l - L + 180^0$ durch die Beobachtungen in einem solchen Grade erwiesen, dass auch die Zurückführung dieser Regel auf die anfangs angegebene Ursache berechtigt erscheint.

Andererseits lässt sich aus dem Minus, um welches die zwischen 120^0 und 180^0 liegenden Zahlen gegen die zwischen 60^0 und 120^0 liegenden und beide gegen die zwischen 0^0 und 60^0 liegenden Zahlen zurückstehen, auch ungefähr ermessen, wieviel Kometen, abgesehen von anderen Ursachen, nur infolge grösserer Differenzen zwischen l und $L + 180^0$, bei kleinen Periheldistanzen L, für uns verloren gehen, ein Verlust, dessen relativer Umfang auch jetzt noch ziemlich derselbe ist wie in der vorteleskopischen Zeit.

Untersuchungen über Zusammenstösse und Teilungen kosmischer Massen hat Professor Seeliger angestellt[1]) und wendet die von ihm abgeleiteten Formeln auch auf die Kometen an, wobei er deren Bahnen als Parabeln betrachtet. Wie er betont, folgt die Teilung planetarischer Massen infolge der Auslösung innerer Kräfte, da sie in mechanischem Sinne einer Explosion gleichkommt, genau denselben Gesetzen wie der Zusammenstoss. „Solche explosive Erscheinungen traten bisher in einer Ausdehnung, die zu näherer Betrachtung auffordert, nur bei den Kometen auf. Hier ist aber das Problem ein sehr einfaches, weil weder eine Verkleinerung der Kometenmasse in Rechnung

[1]) Abhandl. d. k. bayrischen Akad. d. Wiss. II. Kl **17.** 2. Abt.

gezogen zu werden braucht, und weil infolge der allem Anscheine nach sehr kleinen Kometenmasse gleich nach der Abtrennung von der gegenseitigen Anziehung beider Teile abgesehen werden darf. Die erste, übrigens leicht zu berücksichtigende, Vernachlässigung ist erlaubt wegen der geringeren Genauigkeit der Beobachtungen, und weil die Umlaufszeit sich noch bei keinem Kometen so genau hat bestimmen lassen, dass dieser Umstand in Frage käme. Die zweite Vernachlässigung wird noch dadurch plausibler, dass die Ausströmungen und Teilungen der Kometenmassen mit grosser Geschwindigkeit vor sich gehen, wenn anders die betreffenden Theorien als zutreffend anerkannt werden."

„Bessel," fährt Prof. Seeliger fort, „hat in einem interessanten und in neuerer Zeit vielfach zitierten Aufsatze den Einfluss der Ausströmungen auf die Bewegung der Kometen in einigen Richtungen untersucht, hieran aber Folgerungen geknüpft, gegen die sich, wie ich glaube, nicht unwesentliche Bedenken erheben lassen. Aus diesem Grunde soll hier auf diesen Gegenstand mit wenigen Worten eingegangen werden. Als gesichertes Beobachtungsresultat werden wir ansehen können, dass die die Schweifbildung hervorrufenden Ausströmungen von der Sonne hervorgerufen werden und zunächst in der Richtung nach der Sonne hin stattfinden. Die Reaktion, welche hierdurch auf die Hauptmasse des Kometen ausgeübt wird, geschieht also in der positiven Richtung des Radiusvektors. Dies gilt natürlich nur für den mittleren Zustand. Hieran wird aber durch die von Bessel zuerst erkannten und studierten periodischen Schwankungen der Ausströmung nichts geändert, vielmehr zeigen diese gerade, dass die Richtung des Radiusvektors eine Gleichgewichtslage, also eine mittlere Lage, darstellt. Es ist das auch von vornherein sehr wahrscheinlich, weil die Ausströmungen jedenfalls durch Kräfte hervorgerufen werden, die in der Sonne ihren Sitz haben, gleichgültig, ob dies in letzter Instanz thermische, elektrische oder irgend welche andere sind. Ferner ist durch die Beobachtungen festgestellt, dass die Intensität der Ausströmung mit der Annäherung des Kometen an das Perihel zunimmt, meistens nicht im Perihel, sondern später das Maximum erreicht und überhaupt nach dem Perihel stärker ist, als sie in den entsprechenden Punkten vor der Sonnennähe war. Es ist dies eine ganz ähnliche Erscheinung, wie wir sie sehr oft beobachten. Hierher gehört z. B die Thatsache, dass nicht mittags, sondern einige Stunden später das Maximum der Temperatur eintritt u. s. f. Giebt man dies zu, und ich glaube, dass neue Hypothesen notwendig sind, um das Gesagte zu bestreiten, und nicht, um es zu bekräftigen, so folgt aber, dass die Ausströmungen bei periodischen Kometen niemals so wirken, wie das sogenannte widerstehende Mittel. Das Charakteristische der Wirkung des letzteren besteht

darin, dass die mittlere Länge im quadratischen Verhältnisse der Zeit zunimmt."

Prof. Seeliger zeigt nun mathematisch, dass ein solches Glied als Folge der Ausströmung nicht auftritt, vielmehr das Gegenteil von dem, was man beim Encke'schen Kometen beobachtet, stattfinden würde. „Will man," fährt er fort, „also die Ausströmungserscheinungen zu einer Erklärung der Anomalie in der Bewegung des Encke'schen Kometen verwenden, so muss entweder die Hypothese gemacht werden, dass im Durchschnitte die Ausströmung vor dem Perihel intensiver war, als nach demselben, eine Hypothese, die ich, wenigstens nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens, als sehr wenig wahrscheinlich betrachten muss, oder man muss ganz bestimmte und vorderhand nicht bewiesene Annahmen über eine Abweichung der Richtung der Ausströmnng von der des Radiusvektors voraussetzen. Ich halte es deshalb für nicht gerechtfertigt, wenn man in neuerer Zeit auf diese Erklärung für die Anomalien in der Bewegung des Encke'schen Kometen zurückgekommen ist."

„In anderer Richtung sind aber die im Bessel'schen Aufsatze enthaltenen Anregungen von der grössten Wichtigkeit. Man erhält bei durchaus nicht extravaganten Annahmen so bedeutende periodische Störungen, dass man sich billigerweise verwundern muss, dass so bedeutende Einflüsse bei Kometen mit starker Schweifbildung bisher nicht bemerkt sein sollten. Wir besitzen seit Bessel's Zeit sehr viele gut beobachtete und umsichtig berechnete Kometenbahnen, nirgends haben sich aber bisher Differenzen zwischen Berechnung und Beobachtung ergeben, die nicht auf andere Weise erklärt werden könnten. Hierdurch ist man aber zu dem Schlusse berechtigt, dass die ausströmende Masse selbst gegen die sehr kleinen Kometenmassen verschwindend klein ist. Diese Ansicht über die ungeheuere Dünnheit der Materie, welche die Kometenschweife bildet, steht auch sonst mit allen Beobachtungen im Einklange, und sie schliesst sich den in neuerer Zeit gemachten Versuchen über die Zerstäubung belichteter Metallmassen in vieler Hinsicht so eng an, dass vorderhand die Vermutung eines Zusammenhanges beider Erscheinungen, wie auch von anderer Seite bereits ausgesprochen worden ist, wenigstens nicht unbedingt abzuweisen ist."

„Überhaupt hat man wohl keinen Grund, die Ansicht festzuhalten, dass im oder vom Kometenkerne aus bedeutende Massen durch explosive Kräfte umgesetzt werden, denn dann müssten notwendig Reaktionswirkungen eintreten, von denen bisher nichts beobachtet worden ist. Sehr interessant ist in dieser Beziehung der grosse Komet 1882 II, welcher mehrere Kerne zeigte, die während seiner Sichtbarkeit mehr oder weniger hervorgetreten sind. Die erschöpfende Bearbeitung, welche Herr Dr. Kreutz für die von ihm als Hauptkern bezeichnete Verdichtung durch-

geführt hat, hat alles in die schönste Übereinstimmung gebracht. Desgleichen hat sich nach den Untersuchungen des Herrn Tisserand gezeigt, dass die Bewegung der zweiten helleren Verdichtung durch die Kepler'schen Gesetze allein geregelt wird. Es kann also eine nennenswerte Einwirkung der beiden Kerne aufeinander während der Sichtbarkeit nicht stattgefunden haben, und eine Teilung im obigen Sinne musste jedenfalls früher sich vollzogen haben. Dies wird sich aber schwer sicher feststellen lassen. Wenn man sich ein Bild von solchen Erscheinungen wie die Teilung des Biela'schen Kometen, des plötzlichen Auftauchens von Nebenkometen in grösseren oder kleineren Entfernungen vom Hauptkerne u. s. f. machen will, so wird dies, wenn die Zukunft nicht ganz durchgreifende Richtigstellungen bringt, wohl kaum anders ausfallen können, als dass man annimmt, die physikalischen Bedingungen für Erscheinungen, welche Kometen genannt werden, könnten an mehreren Stellen, wenn auch in sehr verschiedenen Graden, gegeben sein. Halten wir den engen Zusammenhang zwischen Sternschnuppenschwärmen und Kometen fest, so würde also ein solcher Schwarm bald da, bald dort die physikalischen Bedingungen erlangen, welche ihn als Kometen erscheinen lassen. Die Mitwirkung störender Planeten bei der Ausbreitung solcher Schwärme braucht selbstverständlich in keiner Weise ausgeschlossen zu werden. Das bekannte Vorkommen von Kometensystemen, die Teilung des Biela'schen Kometen, der Pogson'sche Komet und der wahrscheinlich mit ihm identische Sternschnuppenfall verlieren dann in astronomischer Beziehung das Auffallende und Merkwürdige, das ihnen noch anhaftet. Dass hiermit über die physikalische Erklärung der Kometen noch nichts gesagt ist und gesagt werden soll, versteht sich von selbst. Es ist zu bedauern, dass der Biela'sche Komet, der für solche Fragen noch immer das geeignetste Objekt ist, bisher keine so eingehende Berechnung gefunden hat, als zu wünschen wäre."

Sternschnuppen und Meteorite.

Neue Untersuchungen über die Bahnen verschiedener Feuermeteore hat Prof. v. Niessl veröffentlicht[1]. Das Ergebnis, zu welchem derselbe schon vor mehreren Jahren gelangte, nämlich die Annahme ausgedehnter Meteorsysteme, deren einzelne Glieder aus verschiedenen Radiationspunkten mit der Erde zusammentreffen, obwohl sie in nahezu parallelen Bahnen aus dem Weltraume in unser Planetensystem eindringen, wird durch diese neuen Untersuchungen bestätigt.

Das Meteor vom 13. Dezember 1888. Dasselbe wurde in Brünn, Ebersbach, Leipa, Haida, Leitmeritz und Aussig be-

[1] Verhandlungen d. naturforsch. Vereins in Brünn. 27.

obachtet, und zwar um 7^h 2^m mittl. Zeit von Brünn. Professor v. Niessl findet als scheinbaren Radiationspunkt desselben 78° Rektaszension und 22° nördl. Deklination, und seine relative Geschwindigkeit gegen die Erde war 43 *km* in der Sekunde. Die wirkliche Geschwindigkeit gegen die Sonne betrug also 53.7 *km* oder $7^1/_5$ geogr. Meilen, und diese entspricht der Bewegung in einer Hyperbel. „Legt man“, sagt Prof. v. Niessl, „diese Geschwindigkeit zu Grunde, so findet man, dass der siderische Ausgangspunkt des Meteors, d. h. der Punkt des Weltraumes, aus welchem es gekommen, in 36° Länge und 1° südl. Breite lag. Eine etwas grössere Geschwindigkeit, nämlich doppelt so gross als jene der Erde (60 *km*), würde diesen Ausgangspunkt in 43° Länge und auch 1° südl. Breite geben. Mit dem Radiationspunkte dieser Feuerkugel stimmt sehr nahe derjenige Sternschnuppenradiant überein, welcher in dem Verzeichnisse von Greg (Rep. of the Brit. Assoc. 1876) unter Nr. 210 als „Taurids II“ mit der Position $\alpha = 80^0$ $\delta = +23^0$ für den 23. November bis 7. Dezbr. angeführt ist. In eben diesen Reports für 1877 ist eine Radiantenliste angeführt, welche Denning aus den österreichischen Sternschnuppenbeobachtungen abgeleitet hat. Darunter befindet sich für den 7.—13. Dezember die Position $\alpha = 83^0$ $\delta = 23^0$ aus 27 Meteoren abgeleitet. Ein stationäres Meteor ergab: $\alpha = 82.9^0$ $\delta = +22.9^0$. Die innerhalb der Fehlergrenzen liegende Übereineinstimmung gestattet wohl den Schluss, dass auch unser in Rede stehendes Meteor diesem Strome angehört hat. Ebenso dürften zwei korrespondierend beobachtete Feuerkugeln hierher zu ziehen sein, über die einige Beobachtungen in den „Reports of the Brit. Assoc.“ (1862 und 1864) mitgeteilt sind. Über die erstere welche am 8. Dezember 1861 um 8^h 34^m mittl. Greenw. Zeit in England und Schottland beobachtet worden ist, liegen ziemlich viele, allerdings nur beiläufige Wahrnehmungen vor, aus welchen ich den Radianten in $\alpha = 82^0$ $\delta = 19^0$ abgeleitet habe, wobei sich ebenfalls eine entschiedene Hyperbel ergab, da die heliozentrische Geschwindigkeit 50 *km* erhalten wurde. Die zweite, am 27. Dezember 1863 6^h 57^m beobachtete, ergab aus nur wenigen unsicheren Beobachtungen $\alpha = 83^0$ $\delta = +17^0$. Die Geschwindigkeit konnte nicht bestimmt werden“.

Berechnet man mit der oben aus den Beobachtungen gefolgerten Geschwindigkeit und der Lage des siderischen Ausgangspunktes von 36° Länge und 1° südl. Breite den scheinbaren Radiationspunkt für verschiedene Zeiten des Jahres, so findet man ihn für Mitte Oktober in 58.5° Rektasz. und 19.5° n. Dekl., und dem entspricht wirklich, wie Prof. v. Niessl betont, ein vom 17.—25. Oktober thätiger Radiant, und ähnliches gilt für andere Epochen des Jahres. Schliesslich bemerkt Professor v. Niessl: „Die durch unsere Feuerkugel ermöglichte Sicherstellung eines kosmischen Ausgangspunktes in 36° (oder etwas

grösserer Länge, bei grösserer Geschwindigkeit als die angenommene) Länge und nahe an der Ekliptik erklärt nun auch die Möglichkeit des durch fast drei Monate scheinbar kaum veränderten Radianten im „Stier“, ungefähr in der mittleren Lage: $\alpha = 58.5^0$ und $\delta = +19.5^0$. Derselbe wird hiernach mindestens durch zweierlei Ströme erzeugt, deren Ausgangspunkte in der Ekliptik ungefähr 20^0 hintereinander liegen. Im Oktober wird diese Radiation durch den hier berechneten Ausgangspunkt, im November (Taurids I) durch den zweiten, in Länge weiter rückwärts liegenden erzeugt. In beiden Monaten vermischen sich die beiden Erscheinungen und stellen gleichsam stabile Radiationen dar, welche bis in den Dezember hinein reichen.“

Dieses Ergebnis ist von Wichtigkeit, denn es erklärt ungezwungen die von Denning behauptete, sonst absonderliche Thatsache, dass gewisse Radianten Monate lang thätig sind.

Das Meteor vom 31. Dezember 1888. Diese Feuerkugel wurde im westlichen Deutschland, in Belgien und den Niederlanden beobachtet, allein sichere Angaben über ihren scheinbaren Ort sind äusserst spärlich. Aus diesen hat Dr. Klein abgeleitet, dass der ungefähre Endpunkt der Bahn beiläufig zwischen Sedan und Longwy, etwa 10 Meilen über dem Erdboden zu suchen sei, und dass das Meteor über die Zuidersee, zwischen Namur und Lüttich seinen Weg nahm. Sicheres konnte er nicht ableiten, da die Beobachtungen sich teilweise widersprachen. Letzteres hat auch Herr Prof. v. Niessl gefunden. Er setzt den scheinbaren Radiationspunkt in 244^0 Rektasz. und 44.5^0 nördl. Dekl. Hiernach ging die Bahnrichtung etwas westlich vom Zenit über Haag, während ausdrücklich das entgegengesetzte von dort gemeldet wird. „Um die dort angegebene Höhe auf der Ostseite zu erreichen,“ sagt Prof. v. Niessl, „ist entweder eine Verbesserung des Endpunktes oder des Radianten nötig. Das Richtige ist, beides unter den kleinsten Änderungen der beiden anderen Beobachtungen vorzunehmen. Auf diese Weise ergiebt sich dann der verbesserte Endpunkt etwas weiter nordöstlich, nämlich an der belgischen Grenze, 1 g. M. nordwestlich von Longwy in λ: $23^0\ 21'$, φ: $49^0\ 35'$, und 74 *km* oder 10 g. M. hoch.

Der Radiationspunkt wird dann $\alpha = 335^0$, $\delta = +42^0$. Die Bahn hatte am Endpunkte 170^0 Azimut und nur 2.5^0 Neigung. Nach der Beobachtung in Hamburg wurde die Feuerkugel zuerst bemerkt, als sie sich 119 *km* oder 16 g. M. über der Nordsee in $21^0\ 57'$ Länge und $54^0\ 19'$ n. Breite befand. Sie zog dann über das Westende der Insel Texel, ferner über Helder, Amsterdam, Hasselt, etwas westlich von Seraing zum angegebenen Endpunkte. Die ganze Bahn von der ersten Beobachtung in Hamburg bis zur letzten in Solingen hatte ungefähr 542 *km* oder 73 g. M. Länge. Mit der geringeren Neigung steht die grosse Länge der leuchtenden Bahn und die bedeutende Höhe des Hemmungs-

punktes im Zusammenhange. Letztere ist doppelt so gross als die mittlere Hemmungshöhe grosser Meteore, aber bei fast horizontalen Bahnen sind so grosse Höhen nicht eben selten. Im wesentlichen wird durch diese Untersuchung das von Herrn Dr. Klein mitgeteilte Resultat bestätigt und durch die Bestimmung des Radiationspunktes ergänzt.

Da eine Dauerschätzung nicht angegeben ist, so lässt sich auch über die Geschwindigkeit nichts sagen. Zum Vergleiche mit anderen Fällen sei jedoch bemerkt, dass mit der beispielsweisen Geschwindigkeitshypothese $v = 2$ (rund 8 g. Meilen) der kosmische Ausgangspunkt dieses Meteors in 278° Länge und 52° nördl. Breite erhalten wird.

Einen ziemlich nahe liegenden Radiationspunkt habe ich vor Jahren für eine am 22. Dezember 1875 um $1^h\ 40^m$ m. Greenw. Zeit in England beobachtete Feuerkugel aus den im „Report of the Brit. Assoc." 1876, p. 126 und 146 mitgeteilten Daten, allerdings nur vorläufig auf graphischem Wege erhalten, nämlich: $\alpha = 240^0$ $\delta = +38^0$. Der Unterschied der beiden Positionen, $4-5^0$, erscheint verhältnismässig gering. Eigentlich ist die Differenz aber grösser, wenn man wirklich einen gemeinsamen kosmischen Ausgangspunkt annimmt. Der Radiant muss dann nämlich vom 22. bis 31. Dezember eine kleine Verschiebung zeigen, welche namentlich in Deklination, aber im entgegengesetzten Sinne erfolgt, als die beiden obigen Positionen erkennen lassen; das heisst, der Radiationspunkt am 22. Dezember müsste etwas nördlicher liegen als am 31. Übrigens sind beide Radianten nicht so genau bestimmt, dass eine solche Verbesserung ausgeschlossen wäre. Es sind auch nahe gelegene Sternschnuppenradianten bekannt. Jener von Greg und Herschel in $\alpha = 238^0$ $\delta = +45^0$ für Dezember und Januar angegebene ist wohl durch Zusammenziehung mehrerer anderen entstanden, da die Lage während zweier Monate sich ziemlich stark ändern müsste. Der genaueste ist vielleicht der von Schiaparelli (Entwurf einer astronomischen Theorie etc. p. 84) für den 8. Januar 1869 aus 21 gut übereinstimmenden Sternschnuppen in $\alpha = 232^0$ $\delta = +36^0$ hergeleitete. Die Verschiebung gegen Süd vom 31. Dezember bis 8. Januar entspricht völlig den Verhältnissen."

Das Meteor vom 9. Juni 1888. Dasselbe erschien früh morgens gegen $6^1/_2{}^h$ in Schlesien und dem südlichen Teile von Posen. Den scheinbaren Radiationspunkt bestimmt Prof. von Niessl in 90° Rektaszension und 28° nördlicher Deklination. Unter den verschiedenen noch zulässigen Annahmen über die Geschwindigkeit dieses Meteors findet Prof. v. Niessl, dass der siderische Ausgangspunkt desselben sehr wohl mit demjenigen des grossen Meteors übereinstimmt, welches am 11. Juni 1867 im Westen Europas beobachtet wurde. Mit letzterem hat der-

selbe auch die Bahn des Meteoriten von Orgueil (14. Mai 1864) verglichen und nachgewiesen, dass dieser Stein gleichen Meteorsystemen angehört. Dieses nördliche Meteorsystem liefert in den Monaten November und Dezember häufig beobachtete Radianten in dem südlichen Teile des Sternbildes der Zwillinge.

Die Bahnen des Meteoriten von Pillistfer (8. August 1863) und Krähenberg (5. Mai 1869). Die Ergebnisse der Untersuchungen des Prof. v. Niessl über die Bahnen dieser beiden Meteoriten sind von besonderem Interesse, weil sie zeigen, dass mit höchster Wahrscheinlichkeit beide zu sehr verschiedenen Zeiten gefallenen Meteoriten einem und demselben Schwarme angehören.

Zwei Meilen nordwestlich vom Städtchen Walk im lettischen Teile Livlands, auf dem zum Schlosse Ermes gehörigen Awohting-Moor. und zwar in 43° 28′ östl. L. v. F. und 57° 50′ 30″ nördl. Breite beobachteten am 8. August 1863, nachmittags $12^{1}/_{2}{}^{h}$ der Besitzer des genannten Gutes, Eduard von Walter und dessen Vetter Heinrich, folgendes Phänomen: E. v. W. sah, wie nordnordöstlich von seinem oben angegebenen Standpunkte in circa 30° Höhe über dem Horizonte, bei sonst klarem Himmel, von dem Rande einer weissen Wolke zwei Meteore von bläulich-weissem Lichte und der Grösse gewöhnlicher, nachts sichtbarer Sternschnuppen in 3 bis 4 Fuss scheinbarer Entfernung von einander und durch einen Lichtstreifen mit einander verbunden, in ein wenig von rechts nach links geneigter Richtung herabsanken. Mit dem Rufe: „Sieh', da fallen zwei Meteorite!“ wandte er sich zu seinem Vetter. der die Meteore mit zwei weissen Tauben verglich. Nach dem Eindrucke, den die Lichterscheinung gemacht hatte, glaubte E. v W., dass zwei Meteorite am nördlichen Ende des von SSW—NNO beiläufig zwei Werst Ausdehnung besitzenden Moors gefallen wären.

Die Gegend, in welcher man die Meteoriten wirklich zur Erde fallen sah und fand, befindet sich in ansehnlicher Entfernung, nämlich mehr als 12 geogr. Meilen nördlich von dem oben bezeichneten Beobachtungsorte. In dieser Fallgegend war der Himmel nichts weniger als heiter, vielmehr mit „dicken, schweren, rasch dahineilenden Wolken, die nur dann und wann den Sonnenstrahlen Durchgang gestatteten und im Laufe des Vormittags hier und da Strichregen entsandten“, bedeckt. Dies und der Umstand, dass hier nirgends von einem Lichtphänomene die Rede war, deutet, wie Prof. v. Niessl hervorhebt, an, „dass diese Beobachtungen sich nur auf die herabfallenden Meteoriten beziehen, soweit sie bereits unter der Wolkendecke angelangt waren, also sich gewiss nicht, auch nicht mehr annähernd in ihrer ursprünglichen Bahn befanden. Dieser Fall erfolgt erfahrungsgemäss wenig abweichend von der Vertikalen, und die Wahr-

nehmung desselben gestattet kaum irgend einen Schluss auf die frühere Bahnrichtung.

An den folgenden 4 Punkten sind die Meteoriten, welche man herabfallen sah, auch wirklich gefunden worden. Ich setze, führt Prof. v. Niessl aus, hier das Gewicht derselben bei, weil die Verteilung der Stücke über die Fallstelle von Wichtigkeit ist:

Aukoma	(Länge: 43° 20′ 0″;	Breite: 58° 40′ 30″)	12.1 kg
Kurla	(Länge: 43° 20′ 40″;	Breite: 58° 40′ 40″)	6.9 „
Wahhe	(Länge: 43° 20′;	Breite: 58° 39′ 30″)	1.5 „
Sawiauk	(Länge: 43° 21′ 50″;	Breite: 58° 38′ 8″)	0.2 „

Ausserdem wurde mit völliger Bestimmtheit das Herabfallen eines „schwarzen Gegenstandes“ in geringer Entfernung (einigen hunderten Schritten) gemeldet, ohne dass die Nachforschungen Erfolg hatten, von:

Pöllenikko (Länge: 43° 19′ 30″; Breite: 58° 40′ 10″)
Takki (Länge: 43° 23′ 25″; Breite: 58° 39′ 6″).

In Könno (Länge 43° 31′; Breite: 58° 34′) ist zwar ebenfalls entsprechendes Geräusch vernommen worden, aber dass man den Fall eines Stückes gesehen hätte, ist nicht erwähnt.

Die Hemmungshöhe lässt sich einigermassen begrenzen. Alle Beobachter ohne Ausnahme sagen nämlich aus, dass die Detonationen dem Falle des Steines vorausgegangen waren. So z. B in Aukoma: „Wiederholtes Knallen, trommelartiges Schmettern und gedehntes Brausen, überhaupt aber ein überaus gewaltiges, in engster Bedeutung erschreckliches Geräusch ging hier dem Falle des Steines voraus.“ Ganz ähnlich lauten die übrigen Berichte.

Insbesondere wurden dreierlei Arten von Schallwahrnehmungen angeführt: Drei einzelne Detonationen hintereinander, dann ein trommelartiges Getöse oder ein Lärm wie beim Rollen eines Fuhrwerkes, endlich ein Pfeifen und Zischen, wobei die fallenden Stücke erblickt wurden. Wie lange nach der ersten Hauptdetonation die Steine herabkamen, lässt sich ziffermässig nur nach der Beobachtung des Herrn A. Baron Vietinghoff vermuten, welcher die Dauer des den drei Hauptdetonationen folgenden, einem Pelotonfeuer ähnlichen Geräusches auf circa 15 Sek. angiebt. Es dürften also wohl 15 bis 20 Sekunden von der ersten Detonation bis zum Herabfallen vergangen sein. Der Beobachter stand zwar nicht an einer der Fallstellen, sondern $3^1/_2$ Werst nordwestlich von Kurla, aber eben aus dieser Lage geht hervor, dass an der Fallstelle selbst das in Rede stehende Intervall eher noch grösser gewesen sein musste. Man kann nun mit einiger Wahrscheinlichkeit hieraus schliessen, dass die Hemmungshöhe kaum über eine Meile oder 7.4 m betragen haben konnte, vielleicht sogar geringer war.

Als scheinbaren Radiationspunkt dieses Meteoriten findet Prof. v. Niessl: Rektaszension 167°, nördliche Deklination 14.5°,

also einen Punkt im Sternbilde des grossen Löwen. Die Geschwindigkeit kann nicht bestimmt werden, da keine Dauerschätzung vorliegt. Man kann also den siderischen oder kosmischen Ausgangspunkt nur berechnen, wenn man eine hypothetische Annahme über diese Geschwindigkeit macht. Setzt man die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn gleich, so findet Prof. v. Niessl, dass, wenn der Meteorit die doppelte Geschwindigkeit besass, also eine hyperbolische Bahn beschrieb, sein kosmischer Ausgangspunkt am Himmel in 152° Länge und 2° nördlicher Breite lag; bei einer um ein Viertel grösseren Geschwindigkeit lag der Ausgangspunkt in 159,5° Länge und 35° nördlicher Breite. War die Geschwindigkeit dagegen gleich der in einer Parabel, so lag der kosmische Ausgangspunkt im 84° Länge und 35° südlicher Breite.

Über den Meteoritenfall bei Krähenberg in der Pfalz, am 5. Mai 1869, hat Dr. Georg Neumayer in den Sitzungsberichten der k. k. Akademie in Wien (**60.** II. Abt. p. 229) ausführlich berichtet und auch den Radiationspunkt in $\alpha = 190^0$ $\delta = +8^0$ abgeleitet. Ohne Frage gehört der Fall zu den nicht sehr zahlreichen, bei welchen eine solche Bestimmung einigermassen verlässlich vorgenommen werden kann, wenn dieselbe auch immerhin noch um mehrere Grade unsicher sein mag. Der Fall fand am 5. Mai 1869 um $6^h\ 32^m$ Ortszeit in 25° 8′ östl. L. v. Ferro und 49° 19′ 40″ n. Br. statt. Die Feuerkugel, welche nur einen, aber $31^1/_2$ Pfund schweren Stein lieferte, wurde an mehreren Orten gesehen, jedoch nur zwei Angaben sind hinlänglich bestimmt.

1. Herr Neuer in Kusel, $3^1/_8$ g. M. M. N. 12° W. von Krähenberg, giebt folgende Daten. Die Erscheinung wurde zuerst in SO beobachtet und zog von O – W. Der Neigungswinkel der Bahn gegen den Horizont ergab sich zu 32° nach mehrfachen Messungen. Beim Verschwinden war die Höhe 20°. Ein Geräusch wurde an seinem Standpunkte nicht wahrgenommen. Bewegung sehr rasch. Dauer etwa 2—3 Sek. In der beigefügten Zeichnung ist der Neigungswinkel nur 23°.

2. Herr Forstgehilfe Kastl war $8^7/_8$ g. M. O 28° S von Krähenberg entfernt. Er sah die Feuerkugel in geringer nördlicher Abweichung von der senkrechten Linie über seinem Kopfe nach Westen rasch abwärts streifen und hinter einer dunklen Wolke verschwinden.

Auf diese beiden Beobachtungen konnte allerdings die Bahnbestimmung gestützt werden.

Zunächst ergab sich aus der bekannten Fallstelle und aus der ersten Beobachtung, dass die Hemmungshöhe nicht grösser als 8.2 km oder 1.1 geogr. M. war: wieder ein Beleg für das tiefere Herabsteigen grösserer meteorischer Massen. Die Bahn hat Herr Dr. Neumayer nach (2) aus 298° Azim. gerichtet und

nach (1) 32° geneigt angenommen, woraus er den scheinbaren Radianten in $\alpha = 190^0$ $\delta = + 8^0$ findet.

„Schon vor vielen Jahren und seitdem wiederholt", sagt Prof. v. Niessl, „habe ich nachgewiesen, dass die Radiationspunkte der Meteoriten und Feuerkugeln mit gut ermittelten Sternschnuppenradianten fast immer nahe genug zusammentreffen. Es war mir damals nicht bekannt, dass Herrn Dr. Neumayer die Priorität für die bestimmte Aufstellung dieser Thatsache gebührt. Um dieses klarzustellen, führe ich den darauf bezüglichen Absatz aus der besprochenen Abhandlung wortgetreu an. Herr Dr. Neumayer bemerkt nämlich nach Ermittlung des oben bezeichneten Radianten: „Sehen wir aber in dem Atlas of meteors der British Association (1867) nach, so gewinnt diese unsere Bestimmung ein ganz besonderes Interesse, wir finden nämlich, dass in diesem Werke ein Radiant angegeben ist, dessen Geradeaufsteigung 180°, und dessen nördliche Polardistanz 85° ist Wir kennen diesen Punkt als den Radiationspunkt δ Virginis und unter der Greg'schen Bezeichnung p. 5. 6. Aus der diesem Atlas vorgedruckten „List of Radiant points" ersehen wir ferner, dass dieser Punkt (Nr. 14) für die Epoche vom 2. April bis 4. Mai gilt und als „well defined" bezeichnet wird. Es kann sonach, wie ich glaube, kaum ein Zweifel obwalten, dass der Krähenberger Meteorit, als er noch seinem kosmischen Laufe folgte, dem Meteorschauer angehörte, dessen Radiationspunkt in der Nähe von δ Virginis liegt."

Für die geozentrische Geschwindigkeit wird 5.2 g. M. gefunden, was fast 9 Meilen heliozentrische Geschwindigkeit ergeben würde. Dieser Wert mag vielleicht nach den gegebenen Beobachtungen etwas zu gross sein, weil dabei vorausgesetzt ist, dass der Beobachter Kastl das Meteor schon im Zenith erblickt hatte. Allein die Bemerkung „über meinem Kopfe" ist erfahrungsgemäss nie ganz wörtlich zu nehmen Man kann sich nicht leicht vorstellen, dass am hellen Tage ein Meteor im Zenith vom Beobachter erfasst wird. Wenn man jedoch auch annimmt, dass das Meteor in einer Zenithdistanz von 30° gesehen wurde, so wird die Geschwindigkeit immer noch sehr nahe 8 g. M., und an der hyperbolischen Bahn ist durchaus nicht zu zweifeln.

Als nicht unwichtig für analoge Fälle hebt Prof. v. Niessl hervor, dass auch hier wieder die Detonationen an den meisten Orten und am weitesten vom Endpunkte entfernt ungefähr in jenen Gegenden vernehmbar waren, über welche der Meteorit hinzog. Von 9 Detonationsangaben treffen 7 auf den südöstlichen Quadranten, 2 auf den nordöstlichen. In Kusel, nur 3 Meilen nordnordwestlich vom Fallorte, wurde keine Detonation gehört, dagegen hörte sie Kastl, über dessen Standpunkt die Feuerkugel hinzog, obwohl er fast 9 Meilen vom Ende entfernt war.

Da von diesem Meteoriten der Radiationspunkt relativ ziemlich gut bestimmt ist, so kommt der Bestimmung des kosmischen Ausgangspunktes ein besonderes Interesse zu.

Da die Ermittlung der Geschwindigkeit nur auf einer einzigen Schätzung beruht, so hat Prof. v. Niessl die Berechnung des Ausgangspunktes für dreierlei Hypothesen der Geschwindigkeit vorgenommen, und zwar für dieselben wie bei den vorigen Meteoriten.

Vergleicht man diese Positionen mit denjenigen, welche für Pillistfer gefunden wurden, so findet man für alle drei Geschwindigkeiten ein überraschendes Zusammentreffen. Die folgende Nebeneinanderstellung zeigt dies deutlich:

Kosmischer Ausgangspunkt des Meteoriten von:

	Länge	Breite	Länge	Breite
v = parabolische Geschw. .	84.0°	—3.5° . . .	80,4°	+2.7°
v = 2	152.0°	+2.0° . . .	151,5°	+7.5°
v = 2,5	159.5°	+3.5° . . .	161,5°	+8.5°

Die Abstände der beiden Punkte sind der Reihe nach 7.2°, 5.5° und 5.4°.

„Wenn,“ fährt Prof. v. Niessl fort, „eine etwas nördlichere Lage des Radianten von Pillistfer und eine etwas südlichere des Krähenberger nach den gegebenen Beobachtungen zulässig wäre, würden sich diese Differenzen leicht beheben. Beides ist aber in der That der Fall. Die Zeichnung der geneigten Bahn beim letzteren Falle würde einer wesentlich kleineren Deklination (und Breite) entsprechen. Umgekehrt lässt auch bei dem Falle von Pillistfer die Beobachtung, dass die Bahn nur „ein wenig“ gegen die Vertikale geneigt war, die mehr nördliche Lage des betreffenden Radianten sehr wohl möglich erscheinen.

Hiernach liegt die Wahrscheinlichkeit vor, dass diese beiden zu sehr verschiedenen Zeiten gefallenen Meteoriten einem und demselben Strome angehörten, und zwar gilt diese Wahrscheinlichkeit in nicht wesentlich verschiedener Weise, ob man die Bahnen als parabolisch oder hyperbolisch, bis zu sehr grosser Geschwindigkeit voraussetzt.“

Schon früher hat Prof. v. Niessl angedeutet, dass dieser nämliche kosmische Ausgangspunkt auch in anderen Jahren Meteore geliefert hat, und zwar am 1. April 1854, 27. Juni 1876, 8. Juli 1856, 20. Juli 1860, 4. September 1848. Die scheinbaren Radiationspunkte waren in diesen Fällen sehr verschieden, wurde aber der siderische Ausgangspunkt berechnet, und zwar unter Voraussetzung einer hyperbolischen Geschwindigkeit der Meteore von rund 8 Meilen in der Sekunde, so fand sich für diesen kosmischen Ausgangspunkt im Mittel: 149,6° Länge und 5° nördl. Breite, also hinreichend übereinstimmend mit dem Ausgangspunkte der Meteoriten von Pillistfer und Krähenberg.

Die Bahn der grossen Feuerkugel vom 23. Oktober 1889 hat Prof. v. Niessl festgestellt[1]). Diese Feuerkugel erschien 5^h 22^m mittl. Wiener Zeit, also noch vor Anbruch der Dunkelheit. Für die Lage des Hemmungspunktes des Meteors ergab sich ein Ort in 35° 48.1′ östl. Länge und 48° 28.3′ nördlicher Breite, die Höhe dieses Punktes fand sich zu 36.6 km + 3.8 km und die geozentrische Geschwindigkeit 22,7 km + 3 km. Bezüglich der kosmischen Verhältnisse äussert sich Professor v. Niessl in folgender Weise:

„Aus der Vergleichung des leicht abzuleitenden wahren Radianten mit der Sonnenlänge erkennt man, dass vor dem Zusammenstosse Meteor und Erde sehr nahe die gleiche Bewegungsrichtung hatten, und das Resultat der Beobachtungen konnte daher nur den Überschuss an Geschwindigkeit darstellen, mit welchem die Erde von dem Meteore eingeholt worden ist.

Berechnet man mit der entwickelten Geschwindigkeit von 22.7 km und der Neigung der Bahn von 28.5° die Erdstörungen, so findet man, dass die Erdschwere einen Zuwachs an Geschwindigkeit um 2.9 km bewirkt und die Neigung um 4.6° erhöht hat.

Es ergiebt sich die heliozentrische Geschwindigkeit des Meteors zu 52.3 km oder beiläufig 7 geographische Meilen. Man sieht hieraus nicht allein, dass die Bahn dieses Meteors im Sonnensysteme sich auch wieder als Hyperbel ergiebt, sondern es ist auch leicht, die Unmöglichkeit der Parabel zu erkennen, für diese müsste die geozentrische Geschwindigkeit nur 12 km gewesen sein.

Der Punkt, in welchem der eine Hyperbelast auf sehr grosse Entfernung verlängert das scheinbare Himmelsgewölbe trifft, also der siderische oder kosmische Ausgangspunkt des Meteors, ergiebt sich, wenn man die obige Geschwindigkeit zu Grunde legt, in Länge und Breite $l = 278.0°$ $b = + 0.8°$. Diese Position ist jedoch sehr von der Annahme für die Geschwindigkeit abhängig.

Am 13. Oktober 1879 ist um 5^h 51^m mittlerer Römer Zeit an vielen Orten Italiens eine grosse Feuerkugel beobachtet worden, über welche im „Boletino meteorologico dell' osservatorio reale" in Moncalieri, Jahrg. 1879, mehrere Berichte enthalten sind. Aus diesen Wahrnehmungen hat Prof. v. Niessl versucht[2]), den scheinbaren Radianten abzuleiten und für denselben $\alpha = 304.5°$ $\delta = -11°$ gefunden. Die Sicherheit der Bestimmung ist wohl viel geringer, als in dem vorliegenden Falle am 23. Oktober 1889, wofür vorhin $\alpha = 311.4°$ $\delta = -11.3°$ berechnet wurde. Die beiden Positionen liegen einander immerhin nahe genug, um, zumal bei dem geringen Abstande der beiden Bahnknoten von nur 10° eine Zusammengehörigkeit vermuten zu lassen.

[1]) Akad. der Wissensch. zu Wien. Mathem.-naturw. Kl. **99.** Abt II. Febr. 1890.

[2]) Verhandlungen des naturforsch. Vereines in Brünn **26.** p. 58.

Viel ausgeprägter, wenn auch weniger in die Augen springend, ist jedoch ein solcher Zusammenhang mit einem anderen Falle, bei welchem der Abstand des Knotens erheblich grösser ist, nämlich bei einem am 4. Dezember 1885 — besonders genau in Brünn — beobachteten Meteore, dessen scheinbarer Radiant in $\alpha = 301.4^0$ $\delta = -12.8^0$ sich befand. „Die Veränderung des Radianten aus der Position vom 23. Oktober in die vom 4. Dezember entspricht vollkommen derjenigen, welche Meteore eines und desselben Stromes (d. i gleicher Eintrittsrichtung in das Sonnensystem und gleicher Halbaxe, beziehungsweise Geschwindigkeit) zeigen müssten. Zufällig wurde für dieses Meteor die heliozentrische Geschwindigkeit fast genau so gross gefunden, wie in dem gegenwärtigen Falle, nämlich 52,8 km. Nachdem dann die Erdstörung angebracht und der kosmische Ausgangspunkt mit eben dieser Geschwindigkeit abgeleitet worden war, ergab sich derselbe in $l = 280.0^0$ $b = +1.1^0$, womit der des Meteors vom 23. Oktober 1889 ($l = 278.0^0$ $b = +0.8^0$) in solcher Übereinstimmung ist, dass man die Geringfügigkeit des Unterschiedes von nur 2^0 sogar als zufällig ansehen muss, weil grössere Differenzen wegen der Unsicherheit der Radiationspunkte immer zu erwarten sind.“

Die Bahn des grossen Meteors vom 17. Januar 1890 ist gleichfalls durch Prof. v. Niessl berechnet worden. Dieses um 5^h 11^m mittlerer Wiener Zeit fast in der ganzen Monarchie beobachtete, detonierende, grosse Meteor kam, wie aus der Diskussion sehr zahlreicher Wahrnehmungen hervorgeht, aus 248.7^0 Azimut, in einer Bahn, welche nur 9.3^0 gegen den Horizont des Endpunktes geneigt war, in der Richtung über Torda, Hatzfeld, Kroatisch-Brod, Kamengrad (Bosnien) zu dem 39.7 *km* über der „Krbava“, 30 *km* östlich von Gospic gelegenen Hemmungspunkte. Das erste Erscheinen in dieser Bahn ist bei einer Höhe von mindestens 157 *km* nachgewiesen. Heftige Detonationen nach der Hemmung wurden sowohl in Kroatien, als auch in Bosnien, östlich bis über Kljuc hinaus vernommen, Meteoriten sind jedoch nicht aufgefunden worden. Die von dem Meteore in der Atmosphäre zurückgelassenen Residuen bildeten eine ungefähr 190 *km* lange Rauchsäule, welche noch über eine Viertelstunde nach dem Falle sichtbar blieb. Der Radiationspunkt des Meteors ergab sich in $113.6^0 + 2.6^0$ Rektaszension und $21.7^0 + 2.0^0$ nördlicher Deklination, die geozentrische Geschwindigkeit aus 37 Dauerschätzungen zu 54.4 *km*. Hieraus wurde die heliozentrische Geschwindigkeit zu 63.7 *km* oder 8.6 geogr. Meilen abgeleitet, entsprechend einer hyperbolischen Bahn mit der Halbaxe $a = 0.41$. Der kosmische Ausgangspunkt ergab sich in 78.7^0 Länge und 0.7^0 südlicher Breite. Er liegt ganz nahe den Ausgangspunkten der Meteoriten von Orgueil und einiger grossen, detonierenden Meteore, welche einerseits im November und Dezember, anderer-

seits im Mai und Juni bei ihrem Zusammentreffen mit der Erde beobachtet worden sind.

Das der Bahnbestimmung zu Grunde liegende, ungewöhnlich reichhaltige Material (an 100 einzelne Mitteilungen), welches hauptsächlich der Initiative des w. M. der kais. Akademie, des Herrn Sternwartedirektors Prof. Dr. Edmund Weiss zu danken ist, lässt übrigens mit Sicherheit erkennen, dass am bezeichneten Abende kurz hintereinander einige, demselben Radiationspunkte angehörige grössere Meteorerscheinungen beobachtet worden sind[1]).

Die Auguststernschnuppen 1890 in Italien. Auf Grund der Beobachtungen zahlreicher Amateure in vielen Städten Italiens berichtet P. Denza über den Sternschnuppenfall vom 9. bis 11. August 1890 folgendes[2]):

1. Der Sternschnuppenregen war in diesem Jahre, besonders in der Nacht vom 11. zum 12. August viel reichlicher als in den vergangenen Jahren und hat relativ ein Maximum erreicht. Dies scheint zu beweisen, dass der Teil des Meteoritenringes, den die Erde in diesem Jahre durchwandert hat, reicher war als der der anderen Jahre.

2. Die grösste Zahl der Meteore, welche sich früher gewöhnlich in der Nacht vom 10. zum 11. zeigte, scheint in den letzten Jahren sich allmählich verspätet zu haben und begann diesmal erst am 11. statt am 10. zu erscheinen. Eine Meteorzahl von über 1000 pro je vier Beobachter im Durchschnitte wurde an folgenden Stationen beobachtet: Rom 1971, Florenz 1749, Aprica 1740, Gaëta 1305, San Martino in Pensili 1276, Moncalieri 1036.

3. Der Radiant oder Ausstrahlungsmittelpunkt des Hauptregens der Perseïden hält sich fast in derselben Position zwischen Perseus und Cassiapeia. Aus den an mehreren Stationen aufgezeichneten Bahnen ergiebt er sich zu $\alpha = 46^0$, $\delta = +55^0$.

4. Es zeigten sich, wie gewöhnlich, Meteore von geringerer Bedeutung in anderen Radianten, namentlich in den beiden Bären, dem Schwan und der Andromeda.

5. Die Perseïden zeigten meistenteils ihr typisches Aussehen und die gelbe Färbung, welche diesen Meteorschwarm charakterisiert.

6. Der Sternschnuppenregen war in diesem Jahre sehr bemerkenswert, nicht allein durch die Zahl der Meteore, sondern auch durch ihre Beschaffenheit. Mehrere waren von ungewöhnlicher Grösse, andere hatten einen Lichtschweif; ausserdem hat man auch mehrfach Feuerkugeln beobachtet.

[1]) Wiener Akademischer Anzeiger 1890, Nr. 27.
[2]) Compt. Rend. **111.** p. 146.

Eigentümliche kometenartige Erscheinungen. Zu verschiedenen Zeiten sind solche Phänomene gesehen worden, zuletzt am 27. Oktober 1890 von Eddie in Grahamstown. Das Meteor durchlief den westlichen und südlichen Himmel 20° bis 25° über dem Horizonte und verschwand im Südosten. Der Beobachter sah es von $7^h 45^m$ bis $8^h 32^m$, und während dieser Zeit betrug seine Bewegung scheinbar 100°. Der Kopf war kometarisch, ohne Kern, der Schweif 90° lang, aber nur $^1/_2$° breit. Der Weg dieses höchst eigentümlichen Himmelskörpers führte über α Centauri und β Argo Navis. Es war zur Zeit der Beobachtung Vollmond.

Veranlasst durch diese Wahrnehmung machte Herr Hindersin auf eine ähnliche frühere aufmerksam[1]), die 1845 auf der Leipziger Sternwarte gemacht worden ist. Der Bericht lautet:

„Ein Astronom und ein Student der Mathematik waren am 3. Juli 1^h morgens mit der Aufsuchung des Encke'schen Kometen beschäftigt gewesen, als sie plötzlich um $2^h 10^m$ — Leipziger mittlerer Zeit — an dem Maule des grossen Bären, nahe bei dem Sterne o, einen ungeachtet der schon hellen Dämmerung recht auffallenden, matt gelblichen Streifen von 15° bis 17° Länge und etwa 2° Breite bemerkten. Er sah aus wie ein Komet mit hellem Kerne und zwei Schweifen, die beide nahe senkrecht zum Horizonte herab gingen; sie waren nach Osten zu erhaben. Das schöne Meteor, denn für ein solches wurde es anfangs gehalten, nahm seinen ziemlich horizontalen, bloss wenig nach dem Zenith zu gekrümmten Weg durch das Sternbild des Luchses nach dem des Fuhrmannes mit solcher Geschwindigkeit, dass es um $2^h 20^m$ bereits nur noch etwa 20° links von dem Sterne Capella entfernt stand. Das gelblich sich darstellende Meteor wurde in seiner Mitte abwechselnd heller und dunkler, bald verkürzte es sich, bald warf es längere Strahlen und hatte sich um $2^h 21^m$ zu drei, von einem gemeinschaftlichen, jetzt grösser gewordenen Kerne ausgehenden Schweifen ausgebildet. Zwei der Schweife standen, der eine 4° Länge aufwärts und der andere von 6° Länge niederwärts, in einer Richtung, die mit dem Horizonte einen Winkel von ungefähr 90° machte. Der obere von allen drei Schweifen, der heller glänzendste, war nach links zu nur wenig erhaben, der untere dagegen etwas stärker nach dem Fuhrmanne zu. Der dritte bloss wenig gekrümmte, nach links zu gerichtete Schweif von 6° Länge bildete, links von dem oberen Hauptschweife, mit diesem einen etwa 50 bis 60° grossen Winkel. Das ganze Meteor war um $2^h 25^m$ in seinem schönsten Glanze; unterhalb des 4 Minuten im Durchmesser grossen Kernes war jetzt sogar die begonnene Formation eines vierten, jedoch nur sehr kurzen Schweifes sichtbar; zwei

[1]) Sirius 1891, p. 112.

Minuten später stand die ganze Erscheinung bloss noch etwa 10° von der Capella links ab. Sie war um 2^h 30^m noch immer hell und ausgebreitet, jedoch ging die gelbliche Farbe nun etwas mehr ins Weisse über, erreichte mit dem breiten Ende den mehr erwähnten Stern, unter welchem sie, während die beiden anderen Schweife nunmehr schnell entschwanden, drei Minuten später gekommen war. Das Meteor bildete nun einen grossen matten Kern mit einem glänzenden Schweife von 3—4° Länge, dessen untere Kante parallel, dessen obere Kante aber einen Winkel von 45—50° mit dem Horizonte machte. — Um 2^h 36^m endlich verschwand alles rechts von der Capella, etwa 10° unterhalb derselben stehend, an dem jetzt fast taghell gewordenen nordöstlichen Himmel. Die ganze Erscheinung hatte sich demnach binnen 26 Minuten in einem flachen Bogen von ungefähr 31° Länge nach der Sonne zu bewegt. — Die Luft war warm und still, der Himmel sehr rein, gestirnt, nur von einigen schmalen Wolkenstreifen langsam durchzogen, Sternschnuppen waren während dieser Nacht bis auf eine einzige nicht gesehen worden.

Dr. Kreutz teilt[1]) einen dritten Fall mit, und zwar betrifft derselbe eine Wahrnehmung, die kein geringerer als Messier am 3. Juni 1771 auf der sogenannten Marinesternwarte zu Paris gemacht hat. Dieselbe lautet ihrem wesentlichen Inhalte nach in deutscher Übersetzung:

„Denselben Abend (3. Juni 1771), Himmel rein und klar, gegen 9^h, als ich den Himmel auf der Abendseite durchsuchte, wo der Komet (von 1771) erschien, bemerkte ich auf den ersten Blick etwa 20° über dem Horizonte, nahe dem Kopfe der Zwillinge, einen Lichtkonus ähnlich dem Schweife eines Kometen, etwa 25° lang, am Ende stark ausgebreitet, 6—7°, am anderen sich in einen Kern endigend, von hellerem Lichte als dem des Schweifes. Ich hielt das Ganze zuerst für einen Kometen und wurde erst nach Untersuchung mit dem Fernrohre vom Gegenteile überzeugt: das Licht erschien weisslich und in Bewegung wie die Strahlen des Nordlichtes. Gegen den Kern hin war es lebhafter als in der Mitte oder am Ende; die Strahlen schienen vom Kerne auszugehen und den Konus bis zum Ende zu durchlaufen, einer sogleich auf den anderen folgend. Der Lichtkegel behielt seine Form, hatte aber eine Bewegung, die man von Minute zu Minute wahrnehmen konnte, er lief vom Kopfe der Zwillinge gegen den Kopf des Löwen. Die Erscheinung verschwand nach einer guten halben Stunde unmerklich."

Eine beigegebene Zeichnung lässt nach Dr. Kreutz deutlich das Bild eines Kometen erkennen, dessen Kopf etwas

[1]) Astr. Nachr. Nr. 3030.

nördlich von β und α der Zwillinge liegt, und dessen nördliches Schweifende Capella berührt. An dem gelegentlichen Auftreten solcher Erscheinungen ist also durchaus nicht zu zweifeln, allein für was soll man sie halten? Geh. Rat Galle in Breslau hat sich darüber in einem Schreiben an Herrn Dr. Kreutz wie folgt ausgesprochen:

„In betreff der eigentümlichen kometenartigen Erscheinungen möchte ich glauben, dass, wenn es nicht besonders geformte Wolkenbildungen waren, es zurückgebliebene Schweife von Meteoren gewesen sein können, wie dieselben oft viele Minuten hindurch und zuweilen länger als eine halbe Stunde in Form von weisslichen Rauchstreifen zurückbleiben, um dann sehr allmählich zu verschwinden [1]. Ihre Form ist sehr verschieden, tritt zunächst gewöhnlich an die Stelle des anfangs feurigen Meteorschweifes und bleibt zuweilen längere Zeit geradlinig; häufiger jedoch krümmen sich dieselben allmählich in verschiedene Formen, je nach der Richtung und Art der in den höchsten Regionen der Atmosphäre herrschenden Luftströmungen. Auch sind es nicht gerade immer die hellsten Meteore, welche nach dem Verlöschen des leuchtenden Schweifes derartige länger andauernde weissliche Streifen hinterlassen, so dass man wohl das Meteor selbst vorher übersehen haben kann."

Eine ebenfalls hierher gehörige Beobachtung, die er am 23. August 1890 machte, teilt Dr. Kowalczyk mit [2]. Er schreibt: „Als ich an jenem Tage meine Beobachtung der Sterne zwischen 1° 50′ nnd 7° 10′ südl. Deklination am Meridianskreise fortsetzte, wandte ich zufällig die Augen gegen ein kleines Fenster und erblickte an der Westseite des Vierecks der Ursa major eine Erscheinung, die so täuschend einem hellen Kometen ähnlich war, dass ich beim ersten Anblicke ohne Nachdenken ausrief: Ach, welch' ein prachtvoller Komet! Bald aber wurde ich zweifelhaft, denn der Kopf der kometartigen Erscheinung war oben, und der Schweif beinahe vertikal nach unten gekehrt. Nach einigen Minuten zeigte ich die Erscheinung anderen Personen, welche unten vor der Sternwarte standen, und diese glaubten auch, einen Kometen zu sehen. Um die Erscheinung näher zu prüfen, brachte ich den Kometensucher auf den nördlichen

---

[1] „Unter J. Schmidt's Sternschnuppen-Beobachtungen findet sich mehrmals die Schweifdauer bis über eine Stunde angegeben Einer gleichen Dauer erinnere ich mich in einem Falle auch ziemlich bestimmt, habe aber die betreffende Beobachtung unter meinen Papieren hier bisher nicht finden können. Doch möchte ich noch einen Vermerk bei einer in der Nacht vom 13. zum 14. Nov. 1836 beobachteten Sternschnuppe anführen, deren Schweif 5^m andauerte, dass „nach dem Verschwinden der Sternschnuppe ein förmlicher Komet stehen blieb".

[2] Akad. d. Wissensch. zu Wien. Mathem.-naturw. Kl. **99.** Abt II. Febr. 1890.

Balkon der Sternwarte und richtete ihn gegen den Himmel. Leider erschien mir schon das Phänomen viel schwächer, als es früher war. Diesen Umstand wollte ich aber einer vermutlichen Wolkenschicht zuschreiben und hoffte noch, die Erscheinung in ihrem ursprünglichen Glanze zu erblicken. Meine Erwartung wurde jedoch getäuscht, denn bald hierauf verschwand das Phänomen ohne Spur, und ich machte einen fetten Strich durch die ganze Kometenbeobachtung. Die Erscheinung trat zwischen $11^1/_2$ und $11^3/_4$ Uhr ein und dauerte gegen 20 Minuten. Mein Fachkollege, V. Ehrenfeucht, befand sich damals auf der Gasse in einer Entfernung von $^1/_2$ *km* von der Sternwarte und sah die Erscheinung ungeachtet zahlreicher Gaslampen ebenfalls auffallend hell. Er scheint aber dieselbe später bemerkt zu haben als ich, denn er schätzte die Dauer nur auf 8—10 Minuten.

Ich stellte mir die Frage auf, was es eigentlich sein konnte? Eine Wolke war es entschieden nicht, denn der helle Glanz des Phänomens in einer mondlosen Nacht verriet unleugbar eine Lichterscheinung. Vom Polarlichte war auch nicht die geringste Spur über dem Horizonte zu finden, also war es ohne Zweifel eines der Phänomene, von denen Prof. Galle spricht."

Fixsterne.

Der Sternkatalog der Astronomischen Gesellschaft. Das grosse Unternehmen der internationalen Atronomischen Gesellschaft, die genauen Positionen aller Sterne erster bis einschliesslich neunter Grösse durch Beobachtungen an Meridianinstrumenten festzustellen, nähert sich seiner Vollendung. Im Jahre 1869 wurde das Programm auf der Versammlung zu Wien angenommen. Die Arbeit sollte sich auf die Gegend von -2^0 bis $+80^0$ nördl. Deklin erstrecken, jeder Stern zweimal beobachtet und der mittlere Ort für 1875.0 abgeleitet werden. Die Ausführung des Planes teilten die Sternwarten Kasan, Dorpat, Christiania, Helsingfors-Gotha, Cambridge N. A., Bonn, Lund, Leiden, Cambridge Engl., Berlin, Leipzig, Albany und Nikolajew unter sich. In Erweiterung des ursprünglichen Planes von -2^0 bis -23^0 Deklin. beteiligten sich dann noch die Sternwarten Strassburg, Wien (Ottakring), Cambridge N. A, Washington und Algier an dem Unternehmen. Die Beobachtungen der Sterne des nördlichen Himmels sind vollendet, und drei Bände des grossen Katalogs erschienen. Der erste enthält die Sterne zwischen $+55^0$ und $+65^0$ Deklin., beobachtet zu Helsingfors und Gotha, 14 680 an der Zahl, der zweite die Zone zwischen $+1^0$ bis $+5^0$ Deklin., beobachtet zu Albany mit 8241 Sternen, die dritte die Zone $+65^0$ bis $+70^0$, beobachtet zu Christiania mit 3949 Sternen. Ausser diesen drei Bänden hat die Sternwarte zu Leiden eben-

falls die auf sie entfallene Zone (von + 30° bis zu + 35° Dekl.) veröffentlicht, und zwar im 4. und 5. Bande ihrer Annalen. Die Gesamtzahl der dort niedergelegten Beobachtungen beträgt 20 349.

Eine photometrische Durchmusterung des Himmels ist auf der Harvard-Sternwarte, und zwar grösstenteils von Prof. Pickering selbst ausgeführt worden [1]), mit Hilfe des sogenannten Meridianphotometers während der Jahre 1882—88. Als allgemeiner Vergleichsstern diente λ Ursae minoris. Die Hauptabsicht bei dieser grossen und wichtigen Arbeit war, photometrisch sicher bestimmte Sterne für alle Teile des Himmels zu liefern, welche bei den von der Astronomischen Gesellschaft inaugurierten Zonenbeobachtungen als Vergleichssterne für die Helligkeitsschätzungen der übrigen dienen könnten. Im ganzen sind 20 982 verschiedene Objekte photometrisch bestimmt worden, und die Gesamtzahl der dazu nötigen Einzelbeobachtungen beläuft sich auf 267 092.

Der astrophotographische Kongress, welcher 1877 zur Herstellung der photographischen Himmelskarte in Paris zusammentrat, hat 1891 seine 3. Versammlung auf der Pariser Sternwarte gehalten. Die Herstellung der eigentlichen Sternkarte wird nun demnächst beginnen, und zwar wird die Anzahl der Klischees von je 2 Grad Fläche des Himmels in folgender Weise auf die 18 an der Ausführung beteiligten Sternwarten verteilt sein: Paris 1260, Bordeaux 1260, Toulouse 1080, Algier 1260, Greenwich 1149, Oxford 1180, Helsingfors 1008, Potsdam 1232, Rom 1040, Katania 1008, San Fernando 1260, Tacubaya 1260, Santiago 1260, La Plata 1360, Rio de Janeiro 1376, Kap der guten Hoffnung 1512, Sidney 1400, Melbourne 1149.

Von grosser Wichtigkeit in Hinblick auf die herzustellende Karte sind die neuen Untersuchungen von Dr. Scheiner über die Beziehungen der Expositionsdauer zu der Helligkeit der schwächsten damit noch darstellbaren Sterne. In den Beschlüssen der Pariser Konferenz von 1889 heisst es: „Man wird für die Expositionsdauer, welche Sterne elfter Grösse ergiebt, die Zeitdauer annehmen, welche man erhält, wenn man die Expositionsdauer für Sterne neunter Grösse (nach Argelander's Skala) mit 6.25 multipliziert.“ Hiernach würde die Verlängerung der Expositionsdauer für eine Grössenklasse das $2^1/_2$-fache der vorhergehenden betragen.

Dr. Scheiner hat diese Annahme durch genaue Beobachtungen in Potsdam geprüft und sie völlig unrichtig gefunden [2]). „Alle meine Versuche“, sagt er, „deuten darauf hin, dass man bei einer $2^1/_2$-fachen Expositionszeit nicht eine volle Grössenklasse

[1]) Annals of the Harvard College Observatory **24**.
[2]) Astr. Nachrichten Nr. 3034.

gewinnt, sondern dass der Effekt nur zwischen 0.5^m und 0.75^m liegt Die bereits früher im allgemeinen hervorgehobene Wichtigkeit dieses Resultates für die ganze Himmelsphotographie möge durch die folgende Zusammenstellung etwas mehr spezialisiert werden. Nach allen bisherigen Vergleichungen kann ich annehmen, dass in 24^s bei guter Luftbeschaffenheit mit dem hiesigen Instrumente die Sterne der Grösse 9.5 erhalten werden, welche Thatsache, dass nämlich in weniger als einer halben Minute die sämtlichen Sterne der Durchmusterung erscheinen, gewiss geeignet ist, keinen Zweifel an der wirklich enormen Leistungsfähigkeit der photographischen Refraktoren aufkommen zu lassen, wenngleich auch die bisherigen Erwartungen etwas abgeschwächt werden sollten. Man erhält nach den überschriebenen Verhältnissen zwischen $2^1/_2$-facher Expositionszeit und dem Gewinne an Grössenklassen die folgenden Grössen bei den in der ersten Kolumne gegebenen Expositionszeiten:

Exp.	1.0	0.5	0.6	0.7
24^s	9.5	9.5	9.5	9.5
1^m	10.5	10.0	10.1	10.2
$2^m\ 30^s$	11.5	10.5	10.7	10.9
$6^m\ 15^s$	12.5	11.0	11.3	11.6
$15^m\ 38^s$	13.5	11.5	11.9	12.3
29^m	14.5	12.0	12.4	13.0
$1^h\ 12^m$	15.5	12.5	13.0	13.7
$3^h\ 11^m$	16.5	13.0	13.6	14.4
$7^h\ 34^m$	17.5	13.5	14.1	15.1

Sollte also der zuerst gefundene Wert des Verhältnisses von 0.5 bestätigt werden, so würde man erst bei einer Expositionszeit von $7^1/_2$ Stunden das erreichen, was man früher in 16 Minuten zu erhalten glaubte."

Diese Ergebnisse sind von der grössten Wichtigkeit, und sie finden volle Bestätigung in Beobachtungen von Prof. Pickering[1], der auf einem ganz anderen Wege zu dem Resultate kommt, dass eine $2^1/_2$fache Expositionszeit nur einen Gewinn von einer halben Grössenklasse liefert.

Der neue Stern des Jahres 1006. Nach dem Zeugnisse des Mönchs Hepidannus von St. Gallen soll 1012 im Zeichen des Widders ein neuer Stern von hellem Glanze erschienen sein. Nach den Forschungen von Pertz ist das richtige Jahresdatum 1006, und Prof. Schönfeld teilte mit[2]), dass auch die oben angegebene Konstellation irrig ist, vielmehr muss es statt Widder Skorpion heissen. Dort leuchtete der Stern an der Südgrenze auf, wurde von Anfang Mai bis Mitte August gesehen und kann der Nova von 1572 an Helligkeit nicht viel nachgestanden haben.

Die jährliche Parallaxe des Sternes P Ursae majoris ist Gegenstand einer besonderen Untersuchung von Dr. J. Franz

[1]) Annals of the Harvard College Observatory **18.**
[2]) Astron. Nachr Nr. 3034.

in Königsberg gewesen[1]). Der Ort des Sternes (11677 in Oeltzen's Katalog von Argelander's nördlicher Zone) ist: 1875.0 Rektasz. $11^h\ 13^m\ 30.78^s$, Dekl. $+66^\circ\ 31'\ 25.5''$, seine Grösse ist 9.0, und seine Eigenbewegung beträgt 3.00″ nach dem Positionswinkel 274.3° gerichtet. Der Stern ist schon früher von Dr. H. Geelmuyden in Christiania auf Parallaxe untersucht worden, doch ohne dass derselbe zu einem definitiven Resultate kam. Dr. Franz hat bei seinen Untersuchungen zwei Vergleichssterne benutzt, zwischen denen P steht, doch sind dieselben etwas heller als letzterer. Als Instrument diente das berühmte 6-zollige Königsberger Heliometer, mit dem früher Bessel, Wichmann u. Auwers erfolgreiche Bestimmungen von Fixsternparallaxen gemacht. Das Objektiv desselben zeigt jetzt viele Oxydationsflecke und Dendritenbildungen, auch sind die Bilder der Sterne, die es giebt, nicht mehr, wie es gemäss der Theorie sein sollte, vollkommen elliptisch, sondern etwas halbmondförmig, doch sind nach Dr. Franz diese Bilder noch immer besser als diejenigen anderer (3-zolliger) Heliometer. Die Beobachtungen begannen am 13. Juni 1883 und wurden am 26. Dezember 1890 geschlossen. Im ganzen sind während dieser Zeit 107 vollständige Messungen erhalten worden, darunter nur 6 in den Jahren 1886—90. Bezüglich der Diskussion und der angewandten Reduktion muss auf das Original verwiesen werden. Hier genügt es, zu bemerken, dass die mit der grössten Sorgfalt und Umsicht durchgeführte Untersuchung zu folgendem Werte für die relative jährliche Parallaxe des Sternes führte: $\pi = 0.10'' \pm 0.01''$. Ihr entspricht eine Entfernung, welche das Licht in 32.74 Jahren zurücklegt, und eine relative Bewegung des Sternes gegen die Sonne, senkrecht zur Gesichtslinie, die 4.8 mal so gross ist, wie die Bewegung der Erde.

Neue Doppelsterne. Herr Burnham hat sein 17. Verzeichnis von ihm neu entdeckter Doppelsterne veröffentlicht. Die Beobachtungen wurden am 36-Zoller der Lick-Sternwarte ausgeführt, und Herr Burnham hebt ausdrücklich hervor, dass das grosse Objektiv in bezug auf Schärfe der Bilder bei guter Luft absolut nichts zu wünschen übrig lasse. Unter den neu entdeckten Doppelsternen sind einige als einfache Sterne dem blossen Auge sichtbar; folgende mögen hier hervorgehoben werden:

199 Ceti, 6. und 6.2 Grösse. Distanz 0.19″. 95 Piscium 6.7 und 7. Grösse, Distanz 0.39″. $\varkappa$ Persei, der Begleiter 11. Grösse ist wiederum doppelt, 11.5 und 11.7. Grösse, Distanz 0.27″ „äusserst kleines und enges Paar, im allerhöchsten Grade schwierig. Ich glaube nicht, dass irgend ein anderes Fernrohr dieses Paar dar-

[1]) Astron. Beobacht. an der Kgl. Universitäts-Sternwarte zu Königsberg 38.

stellt.“ 123 Arietis, 3-fach, der Hauptstern jetzt selbst doppelt 7.7 und 7.8. Grösse, Distanz nur 0.13″. 48 Cephei, 3-fach, Hauptstern 5.7. Grösse mit 2 Begleitern 12.5 und 13.3. Grösse, ersterer in 1.18″, letzterer in 10.95″ Distanz. Der entferntere Begleiter war von Burnham schon zweimal gemessen worden, ehe er den näheren entdeckte. 7 Tauri, 6.6 und 12.3. Grösse, Distanz 0.99″. 34 Persei 5.9 und 11.6. Grösse, Distanz 0.68″. 5 Camelopardi 5.5 und 12.8. Grösse, Distanz 12.89″. ν Geminorum. Der Begleiter des Hauptsternes ist doppelt 8.7 und 8.8. Grösse, Distanz 0.15″, sehr schwierig. Der grosse Refraktor zeigt noch eine Anzahl kleiner Sterne in der Nähe 36 Geminorum 5.7 und 14.5. Grösse, Distanz 10.81″. 65 Geminorum 5.5 und 14. Grösse, Distanz 13.91″. τ Herculis 4. und 13.9 Grösse. Distanz 6.57″. Sternhaufen im Herkules, Messier 13. Nahe dem Mittelpunkte steht ein Doppelstern 10.8 und 11.4. Grösse, Distanz 2.61″, der schwächere Stern ist für sich doppelt, sein Begleiter hat 12.8. Grösse und steht nur 0.88″ von ihm entfernt. Herr Burnham bemerkt: „Es ist dies das einzige Paar, welches man als Doppelstern in diesem Haufen bezeichnen kann. Natürlich giebt es hier viele Sterne, die nur 2″ von einander entfernt stehen, allein in allen hellen, gedrängten Sternhaufen, die ich untersucht habe, scheint eine bemerkenswerte Seltenheit von wirklichen Doppelsternen vorzuherrschen.“ 191 Serpentis, 7.5 und 7.7. Grösse, Distanz 0.30″. 56 Aquilae, Hauptstern 7.7. Grösse hat einen Begleiter 8.5. Grösse in 0.44″ Distanz, einen anderen 14. Grösse in 12.89″ Distanz, einen dritten 14.8. Grösse in 21.23″, einen vierten 14.2. Grösse in 26.30″, einen fünften 14. Grösse in 27.77″ Distanz. Der Struve'sche Begleiter 10.2. Grösse steht in 31.36″ Distanz. 24 Aquarii, 6.5 und 6.9. Grösse, Distanz 0.45″. ψ^1 Aquarii. Der Herschel-Struve'sche Begleiter dieses Sternes ist selbst doppelt, 9.1 und 9.2. Grösse, Distanz nur 0.22″. Dies fand Herr Burnham schon 1889, die letzten Messungen scheinen eine ziemlich rasche Bewegung des Begleiters anzudeuten.

Der Begleiter von γ Andromedae ist seit einigen Jahren auch für sehr grosse Teleskope nicht mehr als doppelt zu erkennen. Neuerdings hat Hr. Burnham am 36-Zoller des Lick-Observatoriums die Auflösung versucht. Er giebt folgende Ergebnisse seiner Bemühungen an:

1890, 526. Mit 1900-facher Vergrösserung ist eine Verlängerung der Sternscheibe zweifelhaft. Die Distanz muss jedenfalls viel kleiner als 0,1″ sein.

1890, 573. Der Stern scheint im Positionswinkel 304.6° etwas länglich, Distanz entschieden kleiner als 0.1″.

1890, 594. Eine Verlängerung des Sternscheibchens, falls solche überhaupt vorhanden, ist auch mit den stärksten Vergrösserungen unmessbar.

1890, 660. Alle Vergrösserungen versucht, aber eine Verlängerung, falls sie existiert, nicht zu messen. Licht ausgezeichnet, der Stern nahe dem Zenith.

„Jeder,“ sagt Hr. Burnham, „welcher mit der auflösenden Kraft des grossen Refraktors bekannt ist, muss überzeugt sein, dass die Distanz beider Sterne kaum 0.05″ übersteigen kann. Für die nächsten 3 oder 4 Jahre wird es vergeblich sein, den Begleiter wieder doppelt sehen zu wollen[1]).“

Bahnbewegung von *α* Virginis. Eine solche von sehr kurzer Periode ist von Prof. Vogel auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam aus spektralphotographischen Aufnahmen nachgewiesen worden[2]). Seinen ersten Mitteilungen hat der Genannte nun eine ausführliche Darstellung folgen lassen[3]). Er verbreitet sich zunächst über die Beobachtungen selbst und das Aussehen der Spektren in den verschiedenen Sterntypen. Die ersten Messungen mit Hilfe des neuen Spektrographen „waren an einigen Sternen der zweiten Spektralklasse ausgeführt worden, und die erhebliche Genauigkeit, die diesen Beobachtungen dadurch gegeben werden konnte, dass die Messungen nicht auf die $H\gamma$-Linie selbst, sondern auf einige in der Nähe derselben befindliche, besonders scharfe Spektrallinien bezogen wurden, hat sich auch weiterhin, bei der nunmehr vollendeten Ausmessung aller dem Potsdamer Instrumente zugänglichen Sterne der zweiten und dritten Spektralklasse in erfreulicher Weise bestätigt.

„Anders verhält es sich mit denjenigen Sternen, die in ihrem Spektrum vereinzelte Linien nur in grösserer Entfernung von der $H\gamma$-Linie aufweisen, und bei denen die $H\gamma$-Linie selbst mehr oder weniger breit und an den Rändern verwaschen erscheint — Sterne der Spektralklasse Ia. Den Beobachtungen an den Spektren dieser Sterne eine nur einigermassen befriedigende Genauigkeit zu geben, haben sich grössere Schwierigkeiten in den Weg gestellt, als ich anfänglich erwartete. Vorübergehend hatte ich die Absicht, den Apparat für die Beobachtungen dieser Sterne umzugestalten und die Messungen nicht mehr auf die Wasserstofflinien, sondern auf die besser begrenzten Linien eines anderen Metalles, etwa des Magnesiums, welches bei 448 $\mu\mu$ eine kräftige Linie besitzt, zu beziehen. Ich habe zunächst aber davon Abstand genommen, weil dann wieder eine Anzahl von Sternen, in deren Spektren auch die erwähnte Linie des Magnesiums zu schwach oder gar nicht sichtbar ist, hätte ausgeschlossen bleiben müssen.

„Die Absorptionslinien des Wasserstoffs in den Sternspektren lassen nun ihrem Aussehen nach folgende 4 Typen erkennen:

---

[1]) Sidereal Messenger 1891, p. 118.
[2]) Sitzungsber. der Preuss. Akad. d. Wissensch. 1890. 24. April.
[3]) Astronom. Nachr. Nr. 2995.

a. dunkle Linien mit etwas verwaschenen Rändern (Capella);
b. dunkle breite Linien mit etwas verwaschenen Rändern (Rigel);
c. breite, allmählich verwaschene Streifen mit einem mehr oder weniger breiten und gut ausgesprochenen Intensitätsmaximum in der Mitte (Sirius);
d. breite, an den Rändern verwaschene Streifen ohne merkliches Intensitätsmaximum in der Mitte (Spica).

„Ich betrachte hier nur die Fälle c und d und bemerke, dass, wenn die Abweichung der Lage der künstlichen Linie von der Linie im Sterne infolge der Bewegung des Sternes in der Gesichtslinie beträchtlich genug ist, dass das Intensitätsmaximum der Form c ausserhalb der künstlichen Linie liegt, die Messung natürlich keine besonderen Schwierigkeiten bereitet. Das ist aber ein Fall, der nur selten zu beobachten sein wird, denn die Breite dieses Intensitätsmaximums beträgt mindestens 0.03 $\mu\mu$: es würde eine Berührung von künstlicher Linie und dem erwähnten Maximum schon eine Geschwindigkeit von circa 3 Meilen voraussetzen.

In den meisten Fällen, wo die künstliche Linie das Intensitätsmaximum teilweise deckt, oder wo kein solches Maximum ausgesprochen ist (d), lässt sich die Genauigkeit der Beobachtungen dadurch erheblich steigern, dass durch einen dunklen Streifen so genau als möglich die Mitte der $H\gamma$-Linie im Sterne samt der künstlichen Linie verdeckt und nun der Mikrometerfaden des Messapparates genau auf die Mitte dieses Streifens gestellt wird. Bei geringer Breite des Streifens kann dies ohne weiteres geschehen, bei grösserer Breite ist es besser, die Einstellung auf die Ränder des Streifens zu machen, entweder durch direkte Einstellung oder mit Belassung einer feinen Lichtlinie, wie bei den Koinzidenzbestimmungen des beweglichen Fadens mit den festen Fäden beim Fadenmikrometer. Der Streifen wird sodann beiseite geschoben und der Mikrometerfaden auf die künstliche Linie eingestellt; die Differenz giebt die Verschiebung. . . .

„Unter einer Vergrösserung, bei welcher das Silberkorn deutlich zu erkennen ist, lässt sich nach einiger Übung die Einstellung des Streifens auf die Mitte der breiten $H\gamma$-Linie recht sicher ausführen, indem man das Augenmerk auf die Dichte des Silberniederschlags auf der Platte rechts und links von dem Streifen richtet.

„Zur Deckung der Mitte sind anfänglich feine Drähte genommen worden: jetzt bedienen wir uns bei den Messungen kleiner Glasplättchen, auf denen je eine auf photographischem Wege hergestellte Linie von verschiedener Breite sich befindet. Das Glasplättchen wird direkt auf die Photographie des Sternspektrums gelegt, wird durch eine einfache mechanische Vor-

richtung festgehalten und kann mittelst einer feinen Schraube hin und her bewegt werden.

Für den denkbar ungünstigsten Fall, wie er bei α Virginis zeitweise gegeben ist, dass die $H\gamma$-Linie im Sternspektrum sehr breit, verwaschen, ohne dunklere Mitte erscheint, und die Bewegung des Sternes im Visionsradius so gross ist, dass die künstliche Linie fast an dem einen Ende der breiten $H\gamma$-Linie steht, ist eine andere Methode der Messung in Anwendung gekommen.

Es wurden Linien von verschiedener Breite und Dunkelheit (schmäler als die vorhin erwähnten) auf kleinen Glasplatten photographisch hergestellt, unter diesen wurde für jede Aufnahme eine der künstlichen Linie an Intensität und Breite möglichst gleichkommende ausgesucht und in der breiten $H\gamma$-Linie auf der Photographie des Sternspektrums symmetrisch zur künstlichen Linie gestellt. . . .

Durch Übung lässt sich auch hier in bezug auf Genauigkeit viel erreichen; die Beachtung des Silberkorns ist auch in diesem Falle von Wichtigkeit. Es hat sich gezeigt, dass es vorteilhaft ist, die Beobachtungen an verschiedenen Tagen zu wiederholen, da sich gar bald während der Beobachtung eine gewisse Konstanz der Auffassung herausstellt, welche die Beobachtungen an einem Tage unter illusorisch grosser Genauigkeit erscheinen lässt."

Prof. Vogel teilt nun die einzelnen Beobachtungen und den berechneten und reduzierten Mittelwert, der sich aus jedem Abende für die Bewegung der Spica ergiebt, mit. Dieser letztere folgt hier, wobei + ein Entfernen, — die Annäherung des Sternes in deutschen Meilen pro Sekunde in der Richtung gegen die Sonne bezeichnet. Die Zeit ist mittlere von Potsdam:

1889	h		1890	h	
April 21.	9.25	— 12.5	Mai 7.	9.42	— 15.3
„ 29	11.17	— 13.8	„ 8.	10.43	— 2.1
Mai 1.	10.97	+ 9.0	„ 9.	10.08	+ 11.7
1890			„ 17.	10.57	+ 11.4
April 4.	11.50	— 3.4	„ 18.	10.08	— 0.7
„ 9.	10.50	— 14.0	„ 23.	10.50	— 16.2
„ 10.	11.50	— 0.7	„ 24.	10.67	— 2.3
„ 11.	10.38	+ 9.0	„ 25.	10.12	+ 9.5
„ 13.	10.83	— 14.5	„ 26.	10.72	— 0.9
„ 15.	11.00	+ 11.6	„ 27.	10.18	— 13.4
Mai 1.	10.25	+ 9.6	„ 28.	10.11	— 4.8
„ 4.	10.00	— 2.8	„ 31.	10.29	— 14.2
			Juni 4.	10.27	— 12.8

Die Beobachtungen an α Virginis sind, wie bereits erwähnt, schwierig, weil die betreffende Spektrallinie breit und verwaschen, ohne dunklere Mitte erscheint. Anderenfalls würde die Genauigkeit der einzelnen Messungen viel grösser sein. Bei α Bootis z. B., der zur 2. Spektralklasse gehört, zeigt sich eine ausser-

ordentliche Übereinstimmung der Resultate für die Eigenbewegung bei Beobachtungen, die über einen Zeitraum von $1^1/_2$ Jahren zerstreut sind.

„Die hier angestellten Beobachtungen von α Virginis," fährt Prof. Vogel fort, „lassen sich nun unter der Annahme einer nahe kreisförmigen Bahn gut durch die bei Gelegenheit meiner ersten Mitteilung über α Virginis gegebene Formel und Periode darstellen, und es hat sich gezeigt, dass die Periode 4.011^d innerhalb eines Umlaufes des Sternes auf die Zeit eines Jahres sicher ist, denn die Rechnung mit der Periode 3.967^d und 4.011^d schliesst sich an die diesjährigen Beobachtungen nicht in genügender Weise an. Nur eine geringe Vergrösserung der ersten Periode 4.011^d ist durch die bessere Darstellung der vorjährigen Beobachtungen angezeigt. Es ergeben sich aus dem gesamten Beobachtungsmateriale die folgenden Elemente:

Epoche (Komponente der Bahnbewegung im Visionsradius $= 0$) $t_0 = 1890$ Mai $4^d\ 10.50^h$ m. Z. Potsd.

Periode $p = 4.0134$ Tage

Bewegung des Systems $= -2.0$ geogr. Meilen

Geschwindigkeit in der Gesichtslinie nach Abzug der Bewegung des Systems $= 12.3 \sin\left(\frac{t-t_0}{p} 360^0\right)$ geogr. M.

Die Differenz zwischen dem Mittel der grössten positiven und negativen beobachteten Geschwindigkeiten von 4.0 Meilen würde sich auch durch die Annahme erklären lassen, dass die Bahn des Sternes beträchtlich von der Kreisbahn abwiche, und die grosse Axe der elliptischen Bahn nahe senkrecht auf dem Visionsradius gelegen sei. Die Beobachtungen sind zur Zeit jedoch noch nicht ausreichend, um über diesen Punkt zu entscheiden, und da die unter der Annahme einer kreisförmigen Bahn sich ergebende Bewegung des Systems von -2.0 Meilen einer Bewegung, wie sie nach den Potsdamer Beobachtungen im Durchschnitte den Sternen zukommt, entspricht, so ist vorläufig kein Grund zu einer weiteren Annahme gegeben."

Der Stern α Virginis ist seit 1876 auch auf der Sternwarte zu Greenwich in bezug auf seine Geschwindigkeit in der Gesichtslinie zur Erde beobachtet worden, doch sind die dortigen Beobachtungen viel weniger genau als diejenigen, welche nach der spektro-photographischen Methode in Potsdam erhalten wurden. Sie können nach Prof. Vogel's Untersuchung nichts zu einer schärferen Umlaufszeit beitragen. Dieser letztere bemerkt am Schlusse seiner Abhandlung:

„Ich führe die bei Anlass der ersten Mitteilungen über die Beobachtungen von α Virginis gegebene Berechnung über die

Grösse der Bahn und die Masse des Sternes mit den neueren Werten nochmals durch. Unter der Annahme einer kreisförmigen Bahn, der Periode von 4.0134^d, der Geschwindigkeit von 12.3 Meilen und gleicher Masse beider Komponenten ergiebt sich für α Virginis: Abstand vom Schwerpunkte 679000 geogr. M., Masse des Systems = 2.6 Sonnenmasse. Bei einer Parallaxe von 0.2″ würde das Maximum der scheinbaren Entfernung beider Komponenten 0.014″ betragen, so dass der Begleiter auch für die mächtigsten Instrumente nicht sichtbar sein wird.

Schliesslich möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass bei wiederholter Besichtigung der photographischen Platten und bei Gelegenheit der Messungen der Eindruck immer mehr an Sicherheit gewonnen hat, dass sich der Begleiter von α Virginis doch auf den Aufnahmen eben noch bemerkbar macht. Auf mehreren Platten — Maximalbewegung — scheint derjenige Rand der breiten $H\gamma$-Linie, dem die künstliche Linie am nächsten liegt, etwas mehr und allmählicher verwaschen zu sein als der andere Rand; desgleichen scheint bei einigen anderen Platten — Minimalbewegung — die $H\gamma$-Linie etwas schmäler zu sein, auch lassen sich auf diesen Platten andere Linien im Spektrum infolge geringerer Verwaschenheit besser erkennen. Diese Wahrnehmungen würden so zu deuten sein, dass der Begleiter ein ähnliches Spektrum besitzt wie der Hauptstern, und dass die $H\gamma$-Linie ebenfalls breit und verwaschen, aber so schwach im Vergleiche zur Linie im Spektrum des Hauptsternes ist, dass nur bei sorgfältigster, wiederholter Betrachtung der Photographien ihre Anwesenheit vermutet werden kann. Auf die Messungen ist die beobachtete Erscheinung ohne Einfluss; wenn das Spektrum des Begleiters jedoch kräftiger wäre, könnte es auf die Messung der Maximalbewegung die Wirkung ausüben, dass die Ausschläge etwas geringer gemessen würden, als sie in Wirklichkeit sind.

Man würde sich den Begleiter, wenn man den Wahrnehmungen Realität beilegen will, als etwa 3. Grösse zu denken haben, und es wäre nicht unmöglich, dass in lichtstärkeren Instrumenten sich die Anwesenheit des Begleiters durch geringe periodische Veränderungen des Gesamtspektrums deutlicher zeigte.“

Die auf spektrographischem Wege entdeckten Doppelsternsysteme von β Aurigae und ζ Ursae majoris sind auch auf dem Potsdamer Observatorium beobachtet worden, und hat Prof. Vogel darüber berichtet [1]). Hiernach bestätigen die dort gemachten Beobachtungen die Cambridger Untersuchungen [2]) auf das vollkommenste. Es ist durch dieselben dargethan, dass die Verdoppelung der Linien jeden zweiten Tag

[1]) Astr. Nachr. **126.** Nr. 265 u. ff.
[2]) Klein, Jahrbuch **1.** p. 65.

eintritt, dass die Komponenten der Doppellinien nicht genau gleich sind, so dass sich noch ein halber Umlauf von einem ganzen unterscheiden lässt, was bei Ableitung der Periode aus längeren Zeiträumen von Wichtigkeit ist, dass die Spektra beider Sterne innerhalb des im Potsdamer Spektrographen abgebildeten Stückes des Spektrums von $\mu\mu$ 423 bis 458 gleich sind, und endlich, dass die im Visionsradius gelegene Komponente der Bewegung bis zu etwa 30 geogr. Meilen in der Sekunde anwachsen kann.

„Mit kräftigeren Hilfsmitteln, als den mir zu Gebote stehenden", sagt Prof. Vogel, „wäre es nicht schwer, bei Anwendung eines Spaltspektrographen durch Messung gegen die künstlich erzeugte Magnesiumlinie die Bewegungsgeschwindigkeit eines jeden Körpers getrennt für sich zu ermitteln. Zunächst hat es meines Erachtens aber keinen Zweck, noch weitere Beobachtungen hier anzureihen, da aus dem grossen in Cambridge angesammelten Beobachtungsmateriale die Periode des Umlaufs beider Sterne sich mit so grosser Sicherheit wird ableiten lassen, dass eine Rückberechnung auf die etwa ein Jahr früher hier gemachten Beobachtungen erfolgen und damit die Periode ausreichend genau festgelegt werden kann.

Mit der Annahme einer Periode von 4 Tagen, einer Bahngeschwindigkeit von 15 geogr. Meilen für jeden Körper und unter der Voraussetzung, dass die Bahnebene wenig gegen die Gesichtslinie geneigt ist, berechnet sich die Entfernung beider Körper zu 1 650 000 geogr. Meilen, die Masse des Systems ist = 4.7 Sonnenmasse.

Durch Messung der Verschiebung der $H\gamma$-Linie gegen die entsprechende künstliche Wasserstofflinie ergiebt sich noch aus den Potsdamer Beobachtungen eine Bewegung des Systems gegen unser Sonnensystem von = 5.5 geogr. Meilen in der Sekunde."

„Während", fährt Prof. Vogel fort, „durch die Beobachtungen die Duplizität von β Aurigae mit absoluter Sicherheit nachgewiesen ist, sich schon in einigen Stunden Veränderungen im Spektrum dokumentieren und die Entfernung der periodisch mit grösster Regelmässigkeit auftretenden Doppellinien mit grosser Genauigkeit gemessen werden kann, gelingen die Beobachtungen zur Bestätigung der Duplizität des Hauptsternes von ζ Ursae majoris nicht so leicht. Es liegt das zunächst in der längeren Dauer der Periode, hauptsächlich aber darin, dass die Zeit, zu welcher die Linien doppelt erscheinen, verhältnismässig nur sehr kurz ist, und dass ausserdem noch Unregelmässigkeiten beobachtet worden sind. Die aus den Cambridger Beobachtungen abgeleitete Periode beträgt etwa 105 Tage, und danach wäre zu erwarten, dass alle 52 Tage die Linien im Spektrum doppelt erscheinen würden; das erfolgt jedoch nicht mit genügender Regelmässigkeit, und es ist mit einiger Sicherheit auf eine Trennung nur alle 105 Tage

zu rechnen. Pickering schliesst hieraus auf eine stark elliptische Bahn beider Körper, deren grosse Axe nahe senkrecht zum Visionsradius gelegen ist. In der That würde sich hieraus erklären, dass die Linien nur wenige Tage getrennt erscheinen können, und dass die relative Bewegung der Körper nur einmal während eines Umlaufs zur Zeit des Periastrons so stark wäre, dass die Spektrallinien deutlich getrennt erscheinen, während dieselben in der halben Periode infolge der geringeren Geschwindigkeit nur verbreitert oder verwaschen sein können. Nach dem grossen Beobachtungsmateriale, welches in Cambridge angesammelt wurde, scheinen jedoch auch hierbei noch Unregelmässigkeiten vorzukommen, so dass zur Zeit die Verhältnisse dieses Systems als noch nicht ganz aufgeklärt angesehen werden müssen.

Den grössten in Cambridge beobachteten Elongationen der Linien entspricht eine relative Geschwindigkeit beider Körper von ca. 22 geogr. Meilen (100 miles), was unter Zugrundelegung einer kreisförmigen Bahn zu ganz enormen Massen für die Körper im Vergleiche zur Sonnenmasse führen würde, so dass auch hierdurch die Annahme einer stark elliptischen Bahn an Wahrscheinlichkeit gewinnt. . .

„Nach den Cambridger Beobachtungen und unter Zugrundelegung der Periode von 105 Tagen wäre eine Verdoppelung der Linien im Spektrum von ζ Ursae majoris zu erwarten gewesen am 19. Mai 1889, 30. März, 13. Juli und 4. Sept. 1890. Nach der Potsdamer Beobachtung vom 25. Mai 1889 ist mit Bestimmtheit keine Andeutung von Verdoppelung der Spektrallinien gegeben. Da aber nach brieflichen Mitteilungen am 17. u. 18. Mai in Cambridge eine Verdoppelung beobachtet worden ist, scheint das Maximum etwas eher eingetreten zu sein."

In einer späteren Mitteilung [1]) bemerkt Prof. Vogel bezüglich der spektographischen Beobachtungen von β Aurigae, dass sich das Eisenspektrum gut als Vergleichsspektrum eigne, indem es in der Nähe der erwähnten Magnesiumlinie nur wenige und zarte Linien besitzt. Vogel machte den Versuch, aus den früher gemachten photographischen Aufnahmen weitere Schlüsse über eine etwaige — infolge ungleicher Massen — verschiedene Bahngeschwindigkeit der Komponenten des Systems zu ziehen, da aus der Wahrnehmung, dass die Spektra beider Körper nahezu gleiche Helligkeit besitzen, ohne weiteres kein Schluss auf Gleichheit der Massen zulässig ist.

Dieser Versuch ergab, dass die Geschwindigkeit beider Körper in der Bahn zur Zeit der grössten Elongation wenig von einander verschieden ist.

---

[1]) Astr. Nachr. **127.**

Die Entdeckung von Doppelsternen durch ihre Spektra ist von Prof. Edward C. Pickering erörtert worden [1]). Bei manchen Doppelsternen ist der hellere Stern rot oder gelb, während der schwächere grün oder blau erscheint. Das Spektroskop zeigt, dass dies daher rührt, dass der hellere Stern ein Spektrum besitzt, welches dem zweiten Typus (jenem unserer Sonne) angehört, während der schwächere Stern ein Spektrum besitzt, das zum ersten Typus zu zählen ist und von starken Wasserstofflinien durchzogen wird. Erscheinen nun beide Sterne so nahe zusammen, dass sie für unsere Instrumente untrennbar sind, so muss ihr kombiniertes Licht ein Spektrum zeigen wie dasjenige unserer Sonne, jedoch mit der Abweichung, dass die Wasserstofflinien darin sehr stark sind. Einige Sterne, z. B. β Cygni, zeigen ein solches Spektrum, aber die Komponenten stehen so weit von einander, dass die Trennung ihrer Spektra offenbar ist. Nun sind indessen einige Sterne gefunden worden, die als einfache gelten, die aber dennoch solche Spektra zeigen wie eben geschildert wurde, und es entsteht die Frage, ob diese Sterne nicht in Wirklichkeit Doppelsterne sind, deren beide Komponenten durch unsere Fernrohre nicht mehr getrennt werden können. Bei der genauen Untersuchung der Spektra der helleren Sterne hat Fräulein A. C. Maury einige gefunden, deren Spektra alle Übergänge vom 1. und 2. Typus zeigen. Bei unserer Sonne ist das Auftreten von Wasserstofflinien sicher nicht auf die Gegenwart eines schwachen Begleiters zurückzuführen. Man darf also das Auftreten stärkerer Wasserstofflinien nicht unbedenklich auf die Anwesenheit eines lichtschwachen Begleiters zurückführen, da andere Ursachen gleichfalls derartige Änderungen in der Stärke der Wasserstofflinien veranlassen können. Sterne mit kombinierten Spektren müssen aber als verdächtig im Auge behalten und können noch auf andere Weise geprüft werden. Wenn der Unterschied in der Bewegung der beiden Komponenten in der Gesichtslinie nicht gleich Null ist, dann wird die Lage der Wasserstofflinien, die dem blassen Sterne angehören, zu den anderen Linien, welche von dem helleren Sterne kommen, sich ändern müssen.

Um dies zu prüfen wurden Messungen am Spektrum von α Canis Minoris ausgeführt, welcher der hellste Stern ist, der ein derartig zusammengesetztes Spektrum besitzt. Vier Photographien wurden zu diesem Zwecke ausgewählt, die am 16. und 28. Februar und 22. April 1887, sowie am 11. November 1888 aufgenommen worden. Drei Linien von geringerer und drei von grösserer Wellenlänge als die Wasserstofflinie G wurden ausgesucht und ihre Wellenlänge aus Professor H. A. Rowland's Photographie des Sonnenspektrums abgeleitet. Die Wellenlänge

[1]) Astr. Nachr. Nr. 3034.

der Wasserstofflinie wurde dann aus jeder dieser Linien abgeleitet, und ähnliche Messungen wurden auch bei der Linie *h* angestellt. Im Mittel aus 21 Bestimmungen findet sich die Wellenlänge von G zu 434.09, also 0.03 grösser als im Sonnenspektrum. Ebenso ergeben 24 Bestimmungen von *h* deren Wellenlänge um 0.03 grösser. Unter der Annahme, dass diese Abweichung der relativen Bewegung eines lichtschwächeren Begleiters zuzuschreiben ist, ergiebt sich für diese eine Geschwindigkeit von 20 *km* in der Sekunde. Der wahrscheinliche Fehler beträgt etwa 3 *km*. Andererseits ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass dieser Unterschied der Wellenlängen vom Breiterwerden der Wasserstofflinien herrührt. Man muss daher diese Beobachtungen weiter verfolgen und prüfen, ob sich diese Verschiedenheit der Wellenlängen der Wasserstofflinien mit der Zeit ändert oder nicht. Fräulein Maury hat bisher zusammengesetzte Spektra an 10 Sternen aufgefunden, von denen 5 bekannte Doppelsterne sind; die anderen sind τ Persei, ζ Aurigae, δ Sagittarii, 31 Cygni und β Capricorni. Die beiden letzten haben entfernte Begleiter, deren Spektra deutlich verschieden sind von denen der Hauptsterne.

Die Eigenbewegung der Komponenten von 61 im Schwan ist von S. W. Burnham studiert worden [1]. Er kommt zu dem Ergebnisse, dass dieser Stern nur optisch doppelt ist, und sich die eine Komponente in der Richtung von 51.5° mit einer jährlichen Geschwindigkeit von 5.196″, die andere in der Richtung von 53.5″ mit 5.113 Eigenbewegung bewegt. Burnham stimmt Prof. Newcomb in der Annahme bei, dass sich beide Sterne um ein entferntes Zentrum bewegen, und dass ihre Masse sehr klein sein muss.

Die Bewegung des Arktur in der Gesichtslinie. Bei Gelegenheit seiner spektroskopischen Beobachtungen der Nebelflecke am 36-Zoller des Lick-Observatoriums hat Herr Keeler auch einige Messungen über die Verschiebung der D-Linien im Spektrum dieses Sternes angestellt [2]. Die Ergebnisse dieser Messungen sind folgende, wobei die Geschwindigkeit in der Sekunde in englischen Statute-Meilen ausgedrückt ist, und das Zeichen — Annäherung bedeutet:

	Beobachtete Bewegung	Erdbewegung	Wahre Bewegung in der Gesichtslinie
10. April 1890 . . .	— 4.6	0.0	— 4.6
7. August „ . . .	+ 10.4	+ 14.4	— 4.0
15. „ „ . . .	+ 9.4	+ 13.5	— 4.2
		Mittel	— 4.3

Die Beobachtungen vom 15. August sind die sichersten

[1]) Sidereal Messenger Januar 1891.
[2]) Publl. Astr. Soc. of the Pacific **2.** Nr. 11. p. 284

Derselbe Stern ist auch von Prof. Vogel zu Potsdam bezüglich seiner Bewegung untersucht worden. Folgendes sind die dort erhaltenen Resultate:

	Beobachtete Bewegung	Erdbewegung	Wahre Bewegung in der Gesichtslinie
5. Oktober 1888 . . .	— 3.3	+ 2.3	— 5.6
4. April 1889	— 6.5	— 2.3	— 4.2
30. „ „	— 0.3	+ 4.6	— 4.9
17. Mai „	+ 4.7	+ 8.7	— 4.0
15. April 1890	— 3.2	+ 0.6	— 3.8
23. Mai „	+ 6.2	+ 9.8	— 3.6
		Mittel	— 4.4 ± 0.2

Die Übereinstimmung der Mittelwerte, welche auf Mount Hamilton und zu Potsdam erhalten wurden, ist geradezu bewunderungswürdig.

Neue Untersuchungen über die Eigenbewegung des Sonnensystems im Weltraume hat O. Stumpf angestellt.[1]) Diese Untersuchungen basieren auf den Eigenbewegungen von 1054 Sternen, deren jährliche Eigenbewegung nicht kleiner als 0.16″ ist. Wir besitzen freilich schon mehrere Untersuchungen über die Bewegung des Sonnensystems, aber alle diese gehen von der Grundannahme aus, dass in der Bewegung der Fixsterne kein bestimmtes System vorherrscht, sondern dass die wirklichen Einzelbewegungen ohne erkennbares Gesetz erfolgen. Nun sehen wir aber in der Richtung der Milchstrasse die Fixsterne offenbar sehr viel gedrängter stehen, als bei zufälliger Verteilung zu erwarten wäre. Man möchte demnach die wahren Bewegungen der Fixsterne, welches Gesetz sie auch befolgen mögen, in irgend welche Beziehung zur Ebene der Milchstrasse bringen. J. Herschel hat nun schon vor geraumer Zeit eine Hypothese aufgestellt, nach welcher die Sterne im allgemeinen um das Zentrum der Milchstrasse in mässig exzentrischen Bahnen von sehr geringer Neigung gegen diese Ebene sich bewegen, und Stumpf hat diese Hypothese bei der Berechnung adoptiert. Bei diesen Rechnungen wird vorausgesetzt, dass die relativen Entfernungen der bewussten Sterne bekannt sind. Stumpf hat für diese die Verhältnisse der Eigenbewegungen zu Grunde gelegt und unterscheidet nach deren Grösse 4 Gruppen von Sternen, deren mittlere jährliche Eigenbewegungen sich bei der Berechnung zu 0.23″, 0.43″, 0.85″, 2.39″ finden. Diese Gruppen geben für die Rektaszension und Deklination des Punktes am Himmel, gegen welchen die Sonnenbewegung gerichtet ist, und für die scheinbare Geschwindigkeit der letzteren folgende Werte:

I. Gruppe:	Rektasz.	287.4°	Dekl.	+ 42.0″	Geschwindigk.	0.140″
II. „	„	279.7°	„	+ 40.5″	„	0.295″
III „	„	287.9°	„	+ 32.1″	„	0.608″
IV. „	„	285.2°	„	+ 30.4″	„	2.057″

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2999.

Die Werte für die Geschwindigkeit zeigen, dass die Sterne mit grösseren Eigenbewegungen uns näher sind als die mit geringen, und deuten überdies an, dass die Entfernungen der Sterne umgekehrt proportional sind den Grössen ihrer eigenen Bewegung. Da ausserdem die durchschnittliche Helligkeit der Sterne jeder der 4 Gruppen nicht wesentlich verschieden ist (nämlich 6., 6.7, 6.1 und 6.5. Grösse), so scheint dies weiter anzudeuten, dass die Grösse der Eigenbewegung ein sichereres Kriterium für die Entfernungsverhältnisse der Fixsterne bietet, als die Helligkeit. Die Rechnung lässt ferner keine Andeutung zu gunsten der Herschel'schen Hypothese einer Rotation der Sterne um das Milchstrassenzentrum erkennen. Stumpf glaubt, dass dies nicht sowohl der Hypothese zur Last zu legen sei, als vielmehr dem zu Grunde gelegten Rechnungsmateriale, bei welchem die nördlichen Sterne weitaus vorwiegen. Uns ist dieser letztere Grund nicht recht einleuchtend, vielmehr scheint die Herschel'sche Hypothese unzulässig. Beim heutigen Zustande der Forschung ist es mehr als bedenklich, von einem dynamischen Zentrum der Milchstrasse zu sprechen, da keine Beobachtungen irgend eine Andeutung desselben ergeben.

Fixsternsysteme höherer Ordnung. Unter den Doppelsternen gelten bekanntlich alle diejenigen als physisch verbundene, bei welchen die beiden Komponenten die gleiche Eigenbewegung zeigen. In fast allen Fällen stehen dann aber die Komponenten des Doppelsternes so nahe zusammen, dass sie nur im Fernrohre getrennt werden können. Ein Fall ist schon seit langer Zeit bekannt, in welchem zwei Doppelsternpaare in physischem Konnex stehen, weil beiden die gleiche Eigenbewegung zukommt. Es sind die Doppelsterne 5 und ε Lyrae. Manches deutet darauf hin, dass auch weiter von einander abstehende Sterne zu einem und demselben Systeme gehören. Ein gutes Beispiel dieser Art sind die Sterne 36 A Ophiuchi und 30 Scorpii. Ihr Abstand von einander beträgt 725″, aber beide haben die gleiche Eigenbewegung von 1.26″ in der Richtung von 205°, worauf schon Bessel 1818 hinwies. Der eine Stern, 36 A, ist für sich doppelt und besteht aus 2 Sternen 5. und 6. Grösse in 4.7″ Distanz.

Ein anderes Sternpaar, auf welches Schönfeld aufmerksam gemacht hat[1]), steht in der Wage, es sind die Sterne:

14318 A. O. 9.2. Grösse Rektasz. $15^h\,2^m\,15.1^s$ Dekl. $-15^0\,47'\,29.1''$ (188.10)
14320 A. O. 9.0. „ „ $15^h\,2^m\,15.5^s$ „ $-15^0\,42'\,28.5''$

Die Eigenbewegung derselben beträgt 3.76″ in der Richtung von 194.2°.

Sicherlich sind diese beiden Sterne, obgleich sie mehr als 5 von einander abstehen, physisch zu einem Systeme verbunden. Bossert, von der Pariser Sternwarte, macht auf die beiden

---

[1]) Astron. Nachr. 1881. Nr. 2377.

Sterne des südlichen Himmels ς^1 und ς^2 Reticuli aufmerksam. Ersterer ist 5.7. Grösse (Rektasz. $3^h\,15^m$, Dekl. — 63° 0′) und hat eine Eigenbewegung von 1.47″ in der Richtung von 63.8°. Der andere 5.9. Grösse (Rektasz. $3^h\,16^m$, Dekl. — 62° 55′) hat eine Eigenbewegung von 1.44″ in der Richtung 63.1°. Merkwürdig ist auch ein 1877 von Flammarion angeführter Fall, die Sterne 6 und 10 im grossen Bären betreffend. Beide haben eine jährliche Eigenbewegung von 0.51″ in der Richtung von 240°, ihr Abstand von einander beträgt aber mehr als 6 Grad. Das ist schon zu viel, um nicht ernste Bedenken gegen eine physische Verbindung solcher Sterne zu Partialsystemen zu erwecken. Auch einen näheren physischen Konnex der Hauptsterne des grossen Bären (mit Ausnahme von α und η) hat man behauptet, weil sie eine nahezu gemeinsame Eigenbewegung besitzen oder richtiger zu besitzen scheinen. Geradezu unmöglich wäre eine solche engere Beziehung nicht, aber zur Zeit dürften solche Behauptungen doch nur mit Vorsicht aufgenommen werden.

Die mikrometrische Vermessung des Sternhaufens χ im Perseus. Dieser grosse Sternhaufen, eines der prachtvollsten Objekte dieser Art am ganzen Himmel, liegt in einer von der Milchstrasse durchzogenen Region der nördlichen Hemisphäre und besteht aus zwei Hauptgruppen, von deren Zentren nach allen Richtungen hin bis zu 14′ oder 16′ Distanz Sterne ausstrahlen, so dass eine strenge äussere Begrenzung der beiden Haufen nicht zu erkennen ist. Beide Sternhaufen sind von Zeit zu Zeit Gegenstand der Untersuchung gewesen, wobei der Gesichtspunkt geltend war, durch genaue Bestimmung der gegenseitigen Positionen jedes einzelnen ihrer Sterne eine Grundlage für eine zukünftige Untersuchung der Eigenbewegungen desselben zu schaffen. Lamont, Liapunov und Bredichin haben sich hiermit beschäftigt, hauptsächlich mit der voraufgehenden Gruppe (h), ohne aber dass ihre Ergebnisse eine entsprechende Diskussion gefunden hätten. Prof. Krüger unternahm in den Jahren 1860 bis 1862 am Bonner Heliometer eine genaue Bestimmung der gegenseitigen Lage von 43 der hellsten Sterne der h-Gruppe. Im Jahre 1870 begann O. A. L. Pihl eine mikrometrische Vermessung der folgenden Gruppe χ in der Absicht, damit die erhaltenen Positionen in Verbindung mit den von Krüger erhaltenen für die Gruppe h eine kontinuierliche Darstellung beider Komponenten des grossen Sternhaufens liefern sollten. Obgleich Prof. Krüger in der Gruppe h nur Sterne bis zu 9.5. Grösse vermessen hat, so dehnte doch Pihl seine Vermessungen in der Gruppe χ bis zu Sternen 10.6. Grösse und selbst bis auf noch schwächere (bis 11.7. Gr.) aus, im ganzen auf 236 Sterne. Während seiner Arbeit erfuhr er, dass Prof. Vogel von 1867 bis 1870 am 8-zolligen Leipziger Refraktor im zentralen Teile der χ Gruppe die Positionen von 178 Sternen bestimmt habe, doch umfasst diese letzte Arbeit

nur etwa den vierten Teil der Fläche des Sternhaufens. Die Arbeit von Pihl erschien also keineswegs überflüssig, und ihre vorzügliche Durchführung ist um so höher anzuschlagen, als der Beobachter nicht Berufsastronom, sondern Kaufmann, und seine freie Zeit beschränkt ist. Dieser Umstand hat zum Teil auch die verspätete Publikation seiner Arbeit verschuldet, die erst jetzt, 20 Jahre nachdem die Beobachtungen angestellt wurden, erscheinen konnte [1]). Das benutzte Instrument war ein $3^1/_4$-zolliger Refraktor mit Ringmikrometer. In dem Haufen χ zeigte dieses Instrument unter sehr günstigen atmosphärischen Verhältnissen 236 Sterne, welche am Ringmikrometer im dunklen Gesichtsfelde noch bestimmt werden konnten. Die schwächsten davon bezeichnet Pihl in Anlehnung an die Vogel'schen Bestimmungen als 11.7. Grösse. In dem Haufen h zeigte dasselbe Instrument 401 Sterne. Natürlich sind diese nicht alle dort vorhandenen, sondern es giebt ausser ihnen dort noch eine Schar schwächerer, die aber nur in kraftvollen Instrumenten gesehen werden können. So hat Lamont in dem kleinen zentralen Teile der Gruppe h die Positionswinkel von 92 Sternen gemessen, von denen nur 55 in Pihl's Instrument sichtbar waren, und auf den Photographien der Gebrüder Henry [2]) erscheinen noch sehr viel mehr Sterne.

Der Sternhaufen Σ 762 ist von Reinhold Hahn am 8-zolligen Refraktor der Leipziger Sternwarte vermessen worden [1]). Dieser Sternhaufen wird meist als Teil des benachbarten Sternhaufens G. K. 1440 angesehen, welch' letzterer in den Jahren 1879—1882 an dem nämlichen Instrumente von Dr. Peter vermessen worden ist. Die Arbeit von Hahn beruht im wesentlichen auf Messungen im Winter 1888—1889 und ist die letzte grössere Arbeit an dem 8-zolligen Instrumente, das seitdem einem grösseren Refraktor Platz gemacht hat. Im ganzen sind in dem Sternhaufen 61 Sterne, nämlich alle an dem angewandten Instrumente überhaupt wahrnehmbaren, gemessen und durchweg an mindestens 2 Hauptsterne angeschlossen worden. Der hellste Stern der Gruppe ist 7.4. Grösse, die schwächsten haben etwa 12.6. Grösse. Der Katalog der sämtlichen Sterne des Haufens, den R. Hahn als Ergebnis seiner Untersuchung ableitet, wurde auf den Stern 8. Grösse bezogen, dessen Positionen (für 1885,0) ist: Rektaszension $6^h\ 34^m\ 50.87^s$ Dekl. $+ 9^0\ 34''\ 18.5''$.

Ein Sternhaufen, der aus Nebelflecken besteht, ist am 36-Zoller der Lick-Sternwarte von Herrn Burnham entdeckt

---

[1]) The Stellar Cluster χ Persei Micrometrical surveyed by O. A. L. Pihl. Christiania 1891.

[2]) Sirius 1885, Tafel XI.

[1]) Abhandlg. d. mathem.-phys. Klasse der Kgl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 17. Nr. 3.

worden [1]). Die Entdeckung geschah zufällig, als der Beobachter sich mit Messung einiger Doppelsterne beschäftigte, auch fand Herr Burnham zunächst nur einige Nebel und ersuchte Herrn Barnard, das Objekt genauer zu besichtigen. Dieser fand denn auch noch eine Anzahl schwacher Nebel, im ganzen 18, die auf einem Raume des Himmels von $16' \times 5^1/_2{}'$ zusammen stehen. Herr Barnard sagt, dass zweifellos noch mehr Nebel dort gefunden werden können, da er ausserhalb jenes Bezirks nicht weiter danach suchte. Die sämtlichen Nebel sind klein und können in minder mächtigen Teleskopen für Sterne angesehen werden. Die von dem Beobachter gegebenen Örter sind nur näherungsweise und charakterisieren die wunderbare Kraft des grossen Refraktors in bezug auf Darstellung von Nebeln. Hier folgen nur die Positionen (für 1860.0) des ersten und letzten, sowie des nördlichsten und südlichsten Nebels der Gruppe:

Nr. 1	Rektaszension	13^h	37^m	32^s	Dekl.	+	56°	20.5′
„ 3	„	13	37	38	„	+	56	17.5
„ 11	„	13	38	35	„	+	56	23.0
„ 18	„	13	39	23	„	+	56	19.5

Der Ringnebel in der Leyer. Unter den wenigen ringförmigen Nebelflecken des Himmels nimmt der Ringnebel in der Leyer die erste Stelle ein, sowohl in Rücksicht seiner Helligkeit als seiner Grösse. Er steht zwischen β und γ der Leyer, um $^1/_3$ dieses Abstandes von β entfernt, in Rektaszension: $18^h\ 49^m\ 28^s$ und nördl. Deklination 32° 53.6′ (für 1890). Er ist das einzige Objekt dieser Art, welches auch in schwächeren Teleskopen gesehen werden kann, und wurde schon 1779 von Darquier zu Toulouse aufgefunden, als derselbe einen Kometen beobachtete. Messier und Méchain beschrieben den Nebel als runden Lichtfleck von planetarischem Aussehen, von dem man vermuten möchte, dass er aus Sternen bestehe, obgleich die besten Ferngläser keine solchen dort zu zeigen vermochten. William Herschel, der den Nebel später mit seinen grossen Teleskopen untersuchte, nannte ihn einen durchbrochenen (perforated), auflösbaren Nebel. Admiral Smyth fand das Innere des Nebelringes dunkel, doch ist dies irrig, wie schon Sir John Herschel bemerkte, der den Ring immer mit schwach leuchtendem Dunste angefüllt erblickte. Letzteres zeigt schon ein moderner $3^1/_2$-zolliger Refraktor sehr gut, der den Nebel als Scheibe mit hellem, ziemlich breitem Rande erkennen lässt, auf welchem man einzelne Sternpunkte pulsieren zu sehen glauben könnte. Überhaupt ist es sehr merkwürdig, dass der helle Ring dieses Nebels gewissermassen zu phosphoreszieren scheint, und man könnte das vielleicht dadurch erklären, dass die Nebelmaterie, welche ihn bildet, aus helleren Flöckchen besteht, die einzeln für ein Fernrohr mittlerer

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2998.

Grösse an der Grenze der Sichtbarkeit stehen. Dadurch würden auch die Wahrnehmungen von Lord Rosse verständlich sein, der behauptet, den Nebel in seinem ausserordentlich lichtstarken, aber in bezug auf Schärfe sehr mittelmässigen Riesenteleskope aufgelöst zu haben. Das weit weniger lichtstarke, aber schärfere Fernrohr von Secchi zeigte diese Lichtflocken deutlich, und der römische Astronom hielt sich deshalb von der Auflöslichkeit des Nebels überzeugt. Indessen haben die spektroskopischen Untersuchungen von Huggins gezeigt, dass es sich bei diesem Nebel lediglich um ein glühendes Gas handelt, welches durch drei helle Linien charakterisiert ist. Im Jahre 1803 schrieb der Landmarschall von Hahn zu Remplin an Bode: „Ich finde in dem berühmten Sternringe bei β in der Leyer merkliche Veränderungen. Vor einigen Jahren war das Innere des Ringes so klar, dass ich mit meinem 20-füssigen Spiegelteleskope in dessen Mitte ein teleskopisches Sternchen unterscheiden konnte; jetzt zeigen sich aber durch dieses Fernrohr schwache, feine Wolken, und der kleine Stern ist gar nicht sichtbar.“ Diese Bemerkungen von Hahn's haben keine Beachtung gefunden, auch scheint der Beobachter selbst seiner Wahrnehmung kein grosses Gewicht beigelegt zu haben, denn er kam nie wieder darauf zurück. Später wollten einzelne Beobachter diesen zentralen Stern auch gesehen haben, allein Prof. Hall konnte am grossen Refraktor zu Washington keine Spur desselben wahrnehmen. Im August 1884 zeigte dagegen der 23-zollige Refraktor zu Princeton nahe dem Zentrum des Nebels eine Lichtkondensation, gleichsam als wenn dort ein schwaches Sternchen durch den Nebelschleier schimmere. Im Jahre 1886 hat Herr E. von Gothard den Ringnebel photographiert, und es zeigte sich in der Mitte des Ringes ein runder, sternähnlicher Punkt, nur wenig schwächer als der bekannte Stern 10. Grösse dicht bei dem Nebel. Dies veranlasste Herrn Spitaler, mit dem 27-zolligen Refraktor der Wiener Sternwarte den Nebel an mehreren Abenden im September u. Oktober 1886 zu untersuchen. „Das Innere desselben,“ sagt der Beobachter auf Grund dieser Untersuchung, „erschien bei schwacher Vergrösserung wie von einem schwachen Lichtschleier überdeckt; bei stärkerer Vergrösserung jedoch erkennt man in diesem Schleier verschiedene Intensitäten des Lichts, so dass das Innere ein schwach flockiges Ansehen bekommt. Südwestlich bis nahezu westlich vom Zentrum und inneren Rande des Nebelringes, ist eine hellere Lichtflocke stets recht gut zu erkennen. Im östlichen Teile der inneren Ringfläche, nahe am Nebelrande, sah ich zu wiederholten Malen drei schwache Sternchen, sowie an verschiedenen Stellen des Nebelringes selbst wiederholt feine Lichtpünktchen aufblitzen. Ein Sternchen in der Nähe des Zentrums war aber nicht zu sehen, was auch von Prof. Vogel in Potsdam, sowie durch photographische Aufnahmen der Gebrüder Henry in

Paris bestätigt wurde. Am 25. Juli besuchte uns Prof. Young aus Princeton, und wir sahen uns bei dieser Gelegenheit einige Objekte mit dem grossen Refraktor an. Die Luft war leidlich gut, doch liess sie noch manches zu wünschen übrig. Als wir das Fernrohr auf den Ringnebel richteten, war ich erstaunt, auf den ersten Blick fast in der Mitte der inneren Ringfläche, etwas nordwestlich vom Zentrum, ein kleines Sternchen zu sehen, gerade so, wie es sich auf der Gothard'schen Photographie zeigt, wovon uns ein Diapositiv freundlichst zugesandt wurde, nur ist es verhältnismässig schwächer, als es die Photographie zeigt. Am 26. Juli habe ich das Sternchen, obwohl der Himmel nicht besonders rein war, auch wiederholt, aber nicht so gut wie tags zuvor, gesehen. Wir haben es somit hier mit einem veränderlichen Sternchen zu thun, welches sicherlich einige Aufmerksamkeit verdient. Wenn es zur Zeit, als von Gothard den Nebel photographiert hat, nicht etwa besonders hell gewesen ist, so kann seine Abbildung auf der photographischen Platte, weil einige andere schwache Sternchen in der Umgebung auf der Photographie nicht abgebildet sind, nur dadurch erklärt werden, dass es besonders reich an aktinischem Lichte ist."

Jüngst ist nun dieser Nebel von Herrn Courty auf der Sternwarte zu Bordeaux ebenfalls photographiert worden[1]). Die Expositionsdauer betrug 3 Stunden, und die Platte zeigte dann sämtliche von Rosse und Holden gesehene Sterne. Im Mittelpunkte des Ringes erblickte man ferner auf nebligem Grunde ein Sternchen 13. oder 14. Grösse, und dasselbe ist auch auf einer zweiten Platte sichtbar, welche nur $1^h\ 50^m$ lang exponiert wurde. Der Stern scheint identisch zu sein mit dem von Herrn von Gothard früher photographisch dargestellten Sterne, doch ist er offenbar jetzt lichtschwächer. Herr Admiral Mouchez, der die Photographie mit der Lupe untersuchte, bemerkte, dass es ihm scheine, als wenn im Innern des Nebels noch vier andere, viel schwächere Sternchen schimmerten. Jedenfalls kann man nicht mehr zweifeln, dass im Zentrum des Ringnebels in der Leyer ein Sternchen vorhanden ist, und dass dieses sein Licht periodisch ändert.

Die Nebel in den Plejaden. In den Monaten November und Dezember 1890 hat Herr E. E. Barnard die Plejaden mit dem 36-zolligen Refraktor der Lick-Sternwarte untersucht. Dabei richtete er sein Hauptaugenmerk auf die verschiedenen Nebel, welche die Photographien der Gebrüder Henry und des Herrn J. Roberts in dem Sternhaufen der Plejaden nachgewiesen haben. Es hat sich dabei herausgestellt, dass der grosse Refraktor auch in jenem Sternhaufen weit mehr Details erkennen lässt, als irgend ein Instrument vor ihm. Der Majanebel

---

[1]) Compt. rend. **111.** Nr. 1.

zeigte sich genau so, wie er auf der Pariser Photographie vorhanden ist. Er kommt aus einem Punkte nördlich der Maja voraufgehend und endigt zwischen zwei kleinen Sternen, wie dies die Photographie zeigt. Dieser Nebel ist in dem grossen Refraktor durchaus nicht schwer zu sehen, besonders wenn Maja aus dem Gesichtsfelde gebracht wird. Man kann ihn nicht bis zu diesem Sterne verfolgen wegen der Helligkeit des letzteren. An der voraufgehenden Seite ist der Nebel am besten begrenzt. Der Elektranebel erstreckt sich von dem gleichnamigen Sterne und ist äusserst schwierig zu beobachten. Der Alcyonenebel konnte nicht wahrgenommen werden, und zwar augenscheinlich wegen der Erleuchtung des Gesichtsfeldes. Der Meropenebel, welcher zuerst 1859 von Tempel entdeckt wurde, ward als verwaschene Helligkeit gesehen, obgleich das Gesichtsfeld nur 5′ im Durchmesser hatte.

Zwei von den langen, parallelen Nebelstreifen, die nördlich auf Merope folgen, waren leicht zu sehen. Ein neuer Nebel, nahe Merope, wurde am 14. November entdeckt. Er ist verhältnismässig hell, rund und kometenartig und folgt unmittelbar südlich von Merope. Er wurde später wiederholt beobachtet, und am 8. Dezember konnte er mit einiger Schwierigkeit auch am 12-zolligen Refraktor erkannt werden, wenn der helle Stern Merope im Gesichtsfelde verdeckt wurde. Am grossen Refraktor kann der Nebel ziemlich gut gleichzeitig mit Merope erkannt werden; er hat etwa 30″ im Durchmesser, wird gegen die Mitte hin heller und sieht einem Kometenkopfe etwas ähnlich. Seine Helligkeit ist 13. Grösse. Er wurde mit 300-, 520- und 1500-facher Vergrösserung gesehen und mit allen diesen verhältnismässig leicht. Er ist der hellste von den Plejadennebeln, allein es ist leicht verständlich, weshalb er auf der Photographie nicht erscheint: Bei der zu seiner Sichtbarmachung erforderlichen Expositionsdauer wird nämlich der Stern Merope so sehr überexponiert, dass sein Licht mit jenem des Nebels zusammenfliesst[1]).

Neuentdeckte Nebelflecke. Hr. M. H. Bigurdan hat in den Jahren 1884—90 auf der Pariser Sternwarte mit dem im westlichen Turme befindlichen Refraktor von 310 *mm* Öffnung 244 neue Nebelflecke und Sternhaufen entdeckt. Die meisten derselben sind sehr lichtschwach, und bemerkt der Beobachter, dass die schwächsten Objekte, die er in dem benutzten Instrumente noch eben wahrnehmen kann, 13.5. Grösse sind. Er giebt in zwei Verzeichnissen die Örter und eine Beschreibung der entdeckten Objekte. Die Örter beziehen sich auf 1860.0. Hier mögen einige wenige der hellsten Objekte hervorgehoben werden.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3018.

Rektasz. $23^h\ 59^m\ 21^s$, Poldistanz 63° 8′. Kleiner Sternhaufen, 2.5′ im Durchmesser, aus sehr schwachen Sternchen zusammengesetzt, unter denen aber Nebel vermutet wird.

Rektasz. $0^h\ 1^m\ 15^s$, Poldistanz 63° 4′. Ein Doppelstern 13.3 und 13.4. Grösse, von denen der hellere bisweilen etwas nebelig erscheint.

Rektasz. $0^h\ 23^m\ 51^s$, Poldistanz 59° 56′. Kleiner Sternhaufen, 30″ bis 40″ im Durchmesser.

Rektasz $4^h\ 23^m\ 3^s$, Poldistanz 90° 52′. Sternartiges Objekt, welches ein kleiner Nebel von 5″ Durchmesser zu sein scheint.

Rektasz. $6^h\ 42^m\ 23^s$, Poldistanz 106° 45′. Stern 12.8. Grösse, von einem Nebel von 30″ Durchmesser umgeben.

Rektasz. $9^h\ 12^m\ 29^s$, Poldistanz 106° 10′. Heller Nebel, 1,5′ lang und 30″ bis 40″ breit, kernlos, aber in der Mitte heller.

Rektasz. $10^h\ 47^m\ 40^s$, Poldistanz 71° 39′. Kleiner Sternhaufen, 25″ im Durchmesser, vielleicht mit Nebel vermischt.

Rektasz. $11^h\ 58^m\ 0^s$, Poldistanz 68° 58′. Ziemlich heller Nebel, 90″ lang, 40″ breit, ohne Kern.

Rektasz. $12^h\ 34^m\ 58^s$, Poldistanz 69° 17′. Kleiner Sternhaufen, etwas nebelig, 30″ im Durchmesser.

Rektasz. $15^h\ 59^m\ 9^s$, Poldistanz 71° 30′. Kleiner Stern, von etwas Nebel begleitet.

Rektasz. $17^h\ 8^m\ 31^s$, Poldistanz 102° 38′. Sternähnliches Objekt, von Nebel begleitet, steht 0.7′ von dem Sterne — 12°, 4698 der Bonner Durchmusterung.

Drei neue Nebelflecke in der Nähe des Polarsternes hat Hr F. W. Denning mit seinem 10-zolligen Reflektor und 40-facher Vergrösserung entdeckt. Der erste davon in Rektasz. $8^h\ 26^m$ und Dekl. + 86° 1′ ist schwach, rund und in der Mitte etwas heller. Östlich von ihm stehen 3 Sternchen. Der zweite, welcher mit ihm im gleichen Gesichtsfelde erscheint (Rektasz. $8^h\ 10^m$, Dekl. + 86° 13′), ist sehr lichtschwach, klein und viel heller in der Mitte. An seiner Nordseite steht ein teleskopischer Stern, und ein anderer, ungemein lichtschwacher Stern ist in dem Nebel selbst zu sehen. Der dritte Nebel steht in Rektasz. $7^h\ 12^m$ und Deklin. + 85° 36′, im gleichen Gesichtsfelde mit dem Nebel Nr. 2300 des Herschel-Dreyer'schen Katalogs. Der neue Nebel ist schwach, ziemlich lang und in der Mitte etwas heller. Ein Kranz von 7 kleinen Sternen steht rings um ihn herum. Herr Denning giebt folgendes Verzeichnis aller bis jetzt bekannten Nebelflecke zwischen dem Nordpole des Himmels und 84° nördl. Deklination:

Herschel-Dreyer's Nummer	Entdecker	Rektaszension	Deklination
		h m s	° ′
1544	Tempel	4 10 10	+ 85 56.7
2268	Borelly	6 36 0	84 34.7
2276	Tempel / Winnecke	6 38 1	85 58.0
2300	Winnecke / Borelly	6 44 29	85 56.7
nova	Denning	7 12 0	85 36.0
"	"	8 10 0	86 13.0
"	"	8 26 0	86 1.0
3172	J. Herschel	10 8 0	89 53.2

Neuer planetarischer Nebel. Das auf der Sternwarte des Harvard-College zu Cambridge aufgenommene photographische Spektrum des Sternes 9.2. Grösse, dessen Position (für 1900) ist: Rektasz. 5^h 22.9^m, Deklin. -12^0 46′, hat gezeigt, dass dieser Stern in Wirklichkeit ein planetarischer Nebel ist. Die Aufnahme geschah am 26. März 1891. Bestätigung wurde erhalten durch eine zweite Aufnahme am 30. März und durch eine direkte Untersuchung mit dem 15-zolligen Refraktor. Die Wasserstofflinie F ist im Spektrum dieses Objektes ungewöhnlich stark, weshalb das sichtbare Spektrum desselben erheblich von demjenigen der übrigen planetarischen Nebel abweicht [1]).

Veränderlichkeit im Kerne des grossen Nebels in der Andromeda. Herr J. Roberts hat in der Zeit vom August 1885 bis zum Dezember 1890 den grossen Andromedanebel wiederholt photographisch aufgenommen. Im August 1885, als der neue Stern nahe dem Kerne sichtbar war, erschien letzterer nicht sternförmig, dagegen erschien er 1886 und 1887 schwach sternartig, wurde aber bis zum November 1890 auf den Photographien nicht mehr gefunden, während er seitdem wieder entschieden sternartig aussieht. Es ergiebt sich hieraus eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass der Kern jenes grossen Nebelflecks veränderlich ist [2]).

Ein veränderlicher Nebelfleck. Herr Bigourdan macht auf den Nebel nahe dem Algol (Nr. 1186 im neuen Gen.-Katalog) aufmerksam, als wahrscheinlich veränderlich. Dieser Nebelfleck wurde 1785 von W. Herschel entdeckt und von seinem Sohne 1831 wieder beobachtet Die Beobachter am grossen Rosse'schen Teleskope zu Birr Castle haben weder 1854, noch 1864 den Nebel auffinden können, und ebenso wenig gelang dies d'Arrest 1863. Herr Bigourdan sah im Jahre 1891 den Nebel dagegen wiederholt am 31. Januar 1890 und am 26. Februar 1891. Im Mitelpunkte des runden Nebelteilchens steht ein kleiner Stern 12.5. Grösse, und möglicher Weise ist dieser Stern veränderlich der Art, dass

[1]) Sidereal Messenger 1891. Mai. p. 240.
[2]) Monthly Notices **2.** Nr. 3. Januar 1891.

bei hellem Lichte desselben der Nebel unsichtbar bleibt, weil er von dem Sterne überstrahlt wird. Der Nebel folgt 18^s und 4′ südl. auf einen Doppelstern (10. und 11. Grösse von 9″ Distanz), dessen Ort für 1891.0 ist: Rektaszension $2^h\ 58^m\ 0^s$ Dekl. + 42° 49′[1]).

Eine photographische Aufnahme der Umgebung von Hind's veränderlichem Nebel im Stiere hat J. Roberts ausgeführt[2]). Am 15. Oktober 1890 bemerkte Herr Burnham am 36-Zoller der Lick-Sternwarte dort am Orte des Nebels eine Art von schwachem Sterne innerhalb eines sehr kleinen, kondensierten Nebels von länglicher Gestalt und 4.4″ Durchmesser. Dadurch aufmerksam gemacht, hat Roberts die Umgebung am 9. Dezember photographiert mit dreistündiger Exposition. Auf der Photographie ist indessen an jener Stelle keine Spur von Nebeligkeit oder eines nebeligen Sternes zu sehen, obgleich ein Nebel, der viel schwächer ist, als derjenige in den Plejaden, hätte wahrnehmbar sein müssen. Falls nicht bei der Wahrnehmung von Burnham ein Versehen stattgefunden, müsste an jenem Objekte eine sehr rasche Veränderung stattgefunden haben. Der Ort des Nebels ist R. A. $4^h\ 14^m\ 58^s$ D + 19° 14′.

Ein grosser Nebel um den Stern ζ Orionis ist von Dr. M. Wolf mit Hilfe der Photographie entdeckt worden[3]). Die längste Exposition dauerte $5^1/_2$ Stunde. Der interessanteste Teil der Nebelmasse, den Anblick eines riesigen Wirbels darbietend, folgt dem Sterne ζ nach. Dieser Teil ist der von Rosse gezeichnete Nebel Generalkatalog Nr. 1227 (Rektaszension 84° 4′ Dekl. — 1° 55′). Die Nebelmasse umschliesst den Stern ζ und erstreckt sich von diesem Sterne weit nach Süden und Südwesten. Der nach Süden reichende Ast ist wenig gekrümmt und verläuft, von einer ovalen Bucht unterbrochen, mehr als 1° in nahezu südlicher Richtung. Von ζ aus nach Westen ist der Nebel noch in 45′ Distanz deutlich erkennbar. Südöstlich von ζ steht der Nebelstern Generalkatalog Nr. 1226 (Rektaszension 84° 1′ Dekl. — 2° 18′), dessen Nebelmasse in Spiralform angeordnet ist. Schwacher Nebel scheint diesen Stern ebenfalls mit ζ zu verbinden. Etwa ebenso viel nördlich von ζ steht ein ebenfalls von Nebelmasse umgebener Stern, bis zu dem hin der grosse Nebel sich in erkennbaren Spuren verfolgen lässt. Bis zu dem hellen Sterne δ scheint sich der Nebel nicht fortzusetzen, dagegen hängt wahrscheinlich der Nebel um ε mit demjenigen um ζ zusammen.

Grosse Nebelmassen im Sternbilde des Schwanes sind ebenfalls von Dr. Max Wolf in Heidelberg entdeckt worden.

1) Compt rend. de 1891. **112.** Nr. 9.
2) Monthly Not. Roy. astr. Soc. 1891 Mai **51.** Nr. 7 p. 440.
3) Astr. Nachr. Nr. 3027.

Nach seiner vorläufigen Mitteilung darüber[1]) erscheinen dort wie in den Sternbildern des Einhorns und des Orions helle Sterne durch Nebelmassen mit einander und mit der Milchstrasse verbunden. Auf drei photographischen Platten, deren letzte und beste am 1. Juni 1891 bei dreistündiger Exposition erhalten wurde, ergab sich folgendes: „Es gruppiert sich um die Gegend des Himmels von 20.9^h Rektaszension und 44^0 nördl. Dekl. ein sehr grosser und heller, äusserst fein gezeichneter, fächerförmiger Nebelfleck, dessen hellste Partie bis jetzt als Nebelfleck Nr. 4621 des Herschel-Dreyer'schen Generalkatalogs bekannt war. Dieser Nebel setzt sich ziemlich hell nach allen Seiten hin fort. Nach Osten und Norden dringt er mindestens 8^0 weit in die Gegend der dichten Sternwolken der Milchstrasse und umhüllt dieselben in augenscheinlichem Zusammenhange. Er scheint sich aber noch viel weiter nach Osten fortzusetzen. Nach Westen zwischen den Sternen 57 und 55 Cygni und nördlich von letzterem in grossem Bogen herumziehend, nähert er sich dem Sterne α Cygni (Deneb) und umschliesst diesen Stern. Ein südlicher Ast, der seine stärkste Verdichtung bei den Sternen 56 und 57 hat, nähert sich dem Sterne α von Südosten her. Nördlich von α über die Sterne 51, ω^1, ω^2, ω^3 hin, sowie ebensoweit gegen Westen und Süden lassen sich in kontinuierlichem Zuge deutliche, diffuse Nebelmassen verfolgen, die, gegen γ Cygni hin wieder dichter werdend, in kräftige Nebelmassen übergehen, die diesen Stern weithin umgeben.

Das schlechte Wetter gestattete bis jetzt nicht, diese Nebel nach Westen und nach Süden über γ hinaus weiter zu verfolgen, doch zeigen schon diese Resultate, wie mehr und mehr ein Zusammenhang zwischen jenen hellen Sternbildern in sich und der Milchstrasse wahrscheinlich wird."

Vergleichung einiger Photographien und Zeichnungen des Orionnebels. Herr Professor Holden verbreitete sich[2]) eingehend über einige Photographien des grossen Nebels im Orion, welche mit Reflektoren und am Lick-Refraktor erhalten worden sind. Herr Isaak Roberts hatte den Papierabdruck eines Negativs eingesandt, welches am 4. Februar 1889 mit einer Exposition von 205 Min. erhalten worden war. Das benutzte Instrument ist ein Reflektor von 20 Zoll Spiegeldurchmesser und 100 Zoll Brennweite. Der Abzug ist vorzüglich, aber das Negativ selbst enthält doch noch mehr Sterne, und zwar vielleicht solche, die noch eine volle Grössenklasse schwächer sind. Ausserdem hat Hr. Prof. Holden noch einen siebenmal vergrösserten Abdruck einer Aufnahme vergleichen können, die Herr Common 1883 an seinem 36-zolligen Reflektor bei einer Expositionsdauer von 37

[1]) Astr. Nachr. No. 3048.
[2]) Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific 3. Nr. 14. p. 57.

Min. erhielt. Auch hier gilt die gleiche Bemerkung bezüglich des Originalnegativs im Vergleiche zum Papierabzuge. Endlich sind auf dem Lick-Observatorium am grossen Refraktor (dessen Objektiv für photographische Aufnahmen 33 Zoll Öffnung hält) in jüngster Zeit mehrere Aufnahmen des Orionnebels unter günstigen Umständen erhalten worden. Herr Prof. Holden hat nun diese sämtlichen Photographien zunächst nur mit der Bond'schen Aufnahme des Orionnebels verglichen. Bond hat alle Sterne eingetragen, welche am 15-zolligen Refraktor der Harvard-Sternwarte im Orionnebel und nahe bei demselben sichtbar sind, und seine Arbeit umfasst nun fast einen Zeitraum von mehreren Jahren. Seine schwächsten Sterne, die er als 17. bis 18. Grösse bezeichnet, entsprechen ungefähr der 15. Grössenklasse Argelander's. Die Vergleichung ergiebt nun, dass sämtliche Bond'schen Sterne auf dem Abdrucke der Photographie von Roberts vorhanden sind, und es ist wahrscheinlich, dass auf dem Originalnegative noch zahlreiche andere, lichtschwächere Sterne sich vorfinden. Prof. Holden ermittelte ferner, dass ein auf dem Lick-Observatorium erhaltenes Negativ von 58 Min. Expositionsdauer thatsächlich ebenso viele Sterne zeigt, als die Robert'sche Photographie. Ein Negativ, welches 97 Min. am grossen Lick-Refraktor exponiert worden, zeigt mehr Sterne als jener Robert'sche Abzug, und es ist wahrscheinlich, dass jenes Negativ so viele Sterne enthält als das Original von Herrn J. Roberts. Sonach liefert eine Exposition von 80 bis 100 Min. Dauer am 33-zolligen Lick-Refraktor ebenso viele Sterne, als am 20-zolligen Reflektor eine Exposition von 205 Min. Dauer. Der Vorteil ist also, wie zu erwarten stand, auf Seite der grösseren Öffnung des Objektivglases. Vergleicht man dagegen die Ausdehnung der Nebelmaterie, so ergiebt sich eine gewaltige Überlegenheit des kurzbrennweitigen Reflektors. Eine Untersuchung des Robert'schen Negativs zeigte Herrn Prof. Holden, dass in dieser Beziehung eine Expositionsdauer von 15 Minuten thatsächlich so wirksam ist in bezug auf die Nebelmaterie des Orions, als 60 Min. Exposition mit dem grossen Refraktor. Wird ein Nebel mit kontinuierlichem Spektrum gewählt (wie derjenige in der Andromeda), und bedient man sich nicht der orthochromatischen Platten, so ist der Vorteil in noch höherem Grade auf Seite des Reflektors. Die von Dr. Konkoly gemachte Bemerkung: „Jedes Fernrohr hat seinen Himmel," findet in dieser Vergleichung ihre prägnante Bestätigung.

Der Vergleich mit Herrn Common's vergrösserter Photographie zeigt, dass diese ungefähr bei 37 Min. Expositionsdauer die gleiche Ausdehnung und Menge von Nebelmaterie enthält, wie das Lick-Teleskop bei 97 Min., ja eher noch mehr als weniger. Der schwächste Stern auf der Common'schen Photographie ist nach Bond etwa 14.8. Grösse und wird vom Lick-Refraktor bei etwa 60 Min. Expositionsdauer photographiert, wie auch zu er-

warten war. Die Untersuchung einiger Negativs, die jüngst auf dem Lick-Observatorium erhalten wurden, liefert folgende Daten über die Leistungsfähigkeit des 33-zolligen photographischen Objektivs von 570 Zoll Brennweite: Der Sternhaufen im Perseus zeigt auf dem $81\frac{1}{2}$ Min. exponierten Negative 202 Sterne auf einem Raume von etwa $\frac{1}{16}$ Quadratgrad. Auf dem nämlichen Raume enthält die Pariser Photographie von 1884 nach 50 Min. Exposition 77 Sterne. Der Stern, welcher dem Ringnebel in der Leyer unmittelbar folgt, ist von 13.2. Grösse; er ist bei 15 bis 20 Min. Exposition eben sichtbar, bei 30 Min. messbar und bei 60 Min. Expositionsdauer sehr deutlich. Bei letzterer Exposition wird der Nebel selbst am 33-zolligen Objektiv vollständig wiedergegeben.

Eine Eigentümlichkeit der photographischen Sternaufnahmen hebt Herr David Gill hervor [1]. Mit dem neuen astrophotographischen Teleskope der Capsternwarte hat er am Morgen des 18. September den Sternhaufen Messier 7 photographiert. Die Luft war bei starkem SO äusserst schlecht, so dass die Bilder im Fernrohre völlig verwaschen und unstetig erschienen, kurz die Definition keine Okularbeobachtungen gestattete. Nichts destoweniger gelang die photographische Aufnahme vorzüglich und bestätigte, was Herr Gill schon vorher erfahren hatte, dass es bei photographischen Aufnahmen von Sternen nach einer gewissen Expositionsdauer ganz gleichgültig ist, ob die Luft gut oder schlecht ist, die Schärfe des photographischen Bildes ist in beiden Fällen gleich.

Photographische Aufnahme eines Teiles der Milchstrasse. Die Lick-Sternwarte auf Mount Hamilton hat auf Anordnung von Hrn. Prof. Holden eine sehr grosse Porträtlinse zu photographischen Sternaufnahmen erhalten. Der Verfertiger derselben ist Herr Willard in New-York. Der Durchmesser beträgt 5.9 engl. Zoll bei 31 Zoll Brennweite. Hr. Barnard hat nun diese Linse benutzt zu photographischen Aufnahmen der Milchstrasse mit mehrstündiger Exposition. Zu diesem Zwecke wurde die Kamera auf einem 6-zolligen Refraktor befestigt, und dieser, mit starker Vergrösserung versehen, diente dazu, die Einstellung auf die gewählten Objekte mehrere Stunden lang unverrückt zu erhalten, resp. kleine Abweichungen im Gange des Uhrwerkes sogleich zu erkennen und die Richtung sogleich wieder herzustellen. Im ganzen sind bis dahin 3 Negative von verschiedenen Teilen der Milchstrasse erhalten worden. Auf einem steht der Sternhaufen Messier Nr. 11 (Rektasz. $18^h\ 45^m$, Deklin. — $6^0\ 24'$) in der Mitte, das andere bedeckt die Gegend um Rektasz. $18^h\ 0^m$, Deklin. — 19^0, das dritte endlich, welches

[1]) Observatory 1890. p. 351.

in mancher Beziehung das merkwürdigste ist, hat als Mitte den Punkt von Rektasz. 17^h 56^m und Deklin. — 28°. Dieses letztere wurde am 1. August 1889 aufgenommen bei einer Exposition von 8^h 56^m bis 12^h 3^m, also von 3 Stunden 7 Min. Es zeigt aufs deutlichste, wie dort die Milchstrassensterne sich zu wolkenförmigen Massen geballt haben, dazwischen erkennt man dunkle Kanäle, die, wenn man sich so ausdrücken darf, ähnlich breiten Sprüngen das Ganze durchziehen und abschnüren. Man muss den Lichtdruck unter der Lupe betrachten, um zu erkennen, dass viele, ja die meisten hellen Punkte nicht einzelne Sterne sind, sondern Anhäufungen von solchen. Keinem Zweifel kann es unterliegen, dass die Milchstrassensterne in ihrer Anordnung zu Systemen gänzlich abweichen von der Anordnung unseres Fixsternhimmels, dass sie einer höheren Ordnung des Seins angehören, als dieser. Ein merkwürdiges Objekt auf dieser Platte ist eine dunkle Öffnung mitten unter dem Sternengewimmel. Hr. Barnard hat sie mit seinem Kometensucher schon vor mehreren Jahren entdeckt, sie liegt in Rektasz. 17^h 56^m, Deklin. — 27° 50′, ist nahezu 2′ im Durchmesser, von etwas dreieckiger Form mit einem hellen, orangefarbenen Sterne an ihrem nördlich voraufgehenden Rande, während ein hübscher Sternhaufen folgt. Andere dunkle Stellen, die aber nicht so sehr hervortreten, finden sich in der Nähe. Der dunkle Fleck befindet sich nahe der Mitte der Photographie, und der Sternhaufen als helles Fleckchen nahe rechts davon. Dieser Bau der Milchstrasse, wie er in den Barnard'schen Aufnahmen zu Tage tritt, lässt sich bei der teleskopischen Beobachtung nicht erkennen, weil das Fernrohr selbst bei schwächster Vergrösserung ein zu kleines Gesichtsfeld umfasst.

Teile des südlichen Himmels sind von H. C Russell auf der Sternwarte zu Sydney aufgenommen worden[1]).

„In dreistündiger Expositionszeit wurde vom Nebel η Argus ein schwaches Bild erhalten welches deutliche Zeichen einer Struktur ergiebt. An der südlich vorangehenden Seite von η ist der Nebel in zwei parallele Windungen deutlich gekrümmt, η selbst scheint eine andere spiralige Windung zu bilden, und wenn man die schwachen Zeichnungen zusammennimmt, so erkennt man eine Struktur ähnlich der des Spiralnebels H 1173. Eine Reihe von Details, welche Herschel auf seiner Zeichnung des Nebels um η Argus angegeben, wird durch die dreistündigen Photographien bestätigt. Anders aber verhält es sich mit den Grenzen der Milchstrasse in dieser Gegend. Vergleicht man die Photographien mit den besten Zeichnungen, so findet man die Grenze zwischen η und δ Argus auf beiden gleich, aber nach Norden von η erstreckt sie sich weit über die Grenze der Zeichnungen

[1]) Monthly Notices Roy. Astr. Soc. 1890. **51.** p. 39.

hinaus. Man sieht sehr deutlich, dass alle Sterne des Kreuzes in der Milchstrasse liegen, und dass der „Kohlensack“ kein geschlossener Raum, sondern an der Südseite offen ist. Es scheint ferner, dass in drei Vierteln desselben die Sterne sehr zahlreich sind, und dass man nur im äussersten Norden desselben den Mangel an Sternen antrifft, der seinen Namen rechtfertigt. In der Nähe des einzelnen Sternes 7. Grösse in diesem Raume, fällt ein Haufen kleiner Sterne auf, die merkwürdig sind wegen ihrer Helligkeit in der Photographie, wenn man damit vergleicht, was man im Fernrohre sieht. Im ganzen liefert die Photographie ein Bild des Kohlensackes, das von den Zeichnungen sehr verschieden ist. Wenn mehrere Photographien zusammengestellt werden, sieht man, dass der Kohlensack sich als verhältnismässig dunkle Zeichnung nach und nördlich von β Centauri erstreckt, wo er in einem Raume endet, der vollkommen frei von Sternen zu sein scheint. Er ist klein, etwa 0.5^0 im Durchmesser, und erstreckt sich in gekrümmter Linie etwa 2^0 weit; hierbei ist es sehr merkwürdig, dass die grosse Lücke in der Milchstrasse, welche bei α Centauri beginnt, auf den Photographien nicht erscheint. Die Sterne sind freilich hier nicht so zahlreich, wenn man sie zählt, aber wenn man auf die Photographie sieht, findet man keinen Unterschied und sicherlich nichts von dem, was man erblickt, wenn man das Auge auf diesen Teil des Himmels richtet.

Die Gruppierung und Haufenbildung der Sterne, die sich auf den Photographien im südlichen Teile der Milchstrasse zeigen, sind höchst interessant. Diese Bilder lassen die Milchstrasse in einem ganz neuen Lichte erscheinen, gänzlich verschieden von dem Anblicke im Fernrohre und mit blossem Auge. Noch interessanter waren die Bilder, welche der helle Fleck im Schützen und die Nubeculae major und minor gaben, als sie die für sie erforderlichen vier Stunden exponiert waren. Die Nubecula major ist im ganzen ein komplizierter Spiralnebel mit zwei Zentren; das eine zwischen 30 Doradus und einem Sterne 6. Grösse in Rektasz. $5^h\ 23^m$ und $168^0\ 48'$ südl. Dekl., das andere 2^0 nördlicher in derselben Rektasz. Bei Prüfung der Positive sieht man die spiralige Anordnung der Sterne und des Nebels und ein dunkles, diesen Raum umgebendes Band. Sicherlich wird eine noch längere Exposition noch mehr Einzelheiten erkennen lassen. Etwas Ähnliches kann man aus Herschel's Zeichnung entnehmen, obgleich sie sehr verschieden ist und merkwürdiger Weise mit dem Bilde Ähnlichkeit hat, das die Photographie von der Nubecula minor giebt, nämlich etwas dem Dumbbell-Nebel Ähnliches. Auch dieser Nebel wird seine wahre Gestalt erst bei längerer Exposition zeigen; wahrscheinlich gleicht er dem Dumbbell-Nebel.

Von dem Teile der Milchstrasse um γ^2 des Schützen sind drei Photographien mit über vier Stunden Exposition gewonnen.

Merkwürdig ist, dass die drei Bilder unter einander gut übereinstimmen, aber abweichen von der Photographie, welche mit fast der gleichen Linse im vorigen Jahre auf dem Lick-Observatorium gewonnen wurde. Zur näheren Aufklärung müssen die Negative mit einander verglichen werden. Das Negativ, welches am 1. Oktober zu Sydney erhalten wurde, zeigt, mit der Lupe untersucht, ganz ungewöhnliche Details in diesem Teile der Milchstrasse, die ganz abweichen von dem, was man in anderen Teilen gesehen hat. „Es scheint, als sehe man auf immer weiter und weiter zurück in die Unendlichkeit sich auf einander stützender Kurven, gleich den Strudeln in einem unendlich komplizierten Wirbel, bis sie in blassen, nebeligen Lichtpunkten enden . . . . Es wäre unmöglich, in Worte zu kleiden, was die Photographie von der eigentümlichen Struktur zeigt, die man in diesem Teile der Milchstrasse sieht; man kann sagen, dass der allgemeine Charakter der Anordnung der Sterne in Kurven und Ellipsen besteht und ganz verschieden ist von dem im Argo, Kreuz und Centaur gefundenen."

Die Verwendung gewöhnlicher photographischer Objektive bei der Himmelsphotographie wird auch von Dr. M. Wolf warm empfohlen, und zwar auf Grund seiner eigenen Erfahrungen[1]. Als derselbe mit einem kleinen Steinheil'schen Aplanaten von $2^1/_4$ Zoll Öffnung 1 Stunde exponierte, fand er auf der Platte alle diejenigen Nebel, welche die Gebrüder Henry mit ihren grossen Objektiven nach mehrstündiger Belichtung erhalten hatten, und daneben noch Nebelmassen von viel grösserer Ausdehnung, als bis jetzt bekannt. Dieses günstige Verhältnis für das kleine Doppelobjektiv, dessen theoretische Notwendigkeit Dr. Wolf nachweist, erhöht sich noch dadurch, dass diese Objektive von kurzer Brennweite gestatten, ein viel grösseres Stück des Himmels auf der Platte auf einmal wiederzugeben, als die Fernrohrobjektive, so dass das gewöhnliche photographische Doppelobjektiv als das beste Instrument zum Auffinden schwacher Nebel und Kometen anzusehen ist. „Übrigens," sagt Dr. Wolf, „geben die Doppelobjektive auch über die Struktur der kleineren Nebel, wenn sie auch klein zeichnen, doch sehr wertvolle Aufschlüsse. Als Beispiel möge erwähnt sein, dass ich mit einer 4-zolligen Porträtlinse in 4 Stunden Belichtung vom Andromedanebel all das Ringdetail erhielt, mit dem vor wenigen Jahren, die Geschicklichkeit des Herrn Roberts die Welt überraschte.

Es ist merkwürdig, zu denken, dass viele Jahre schon bei den Photographen die Objektive bereit standen und nur nach dem Himmel gerichtet zu werden brauchten, um uns solche Resultate schon längst zu verschaffen.

---

[1]) Sirius 1891. p. 106.

Hier möchte ich auch erwähnen, dass es bei langdauernden Aufnahmen nötig ist, um das Entstehen der bekannten Lichtringe um helle Sterne zu verhindern, die Glasseite der Platten mit einem Überzuge zu versehen. Man bestreicht das Glas am besten mit einer zähen Mischung von Kienruss und Leinöl, die man vor dem Entwickeln wieder mit einem Lappen oberflächlich abwischt. Ein solcher Überzug erhält sich lange in seinem zähflüssigen Zustande. Als ich einmal drei Abende hinter einander auf dieselbe Platte exponiert hatte, zeigte sich der Überzug noch ganz frisch und liess sich am dritten Tage ebenso leicht entfernen als sonst am ersten Tage, und die Sterne waren vollkommen scharf und ringfrei geblieben.

Wenn man in der Nähe der Milchstrasse nach Nebelmassen suchen will, dann ergiebt sich eine Schwierigkeit dadurch, dass die schwächsten Sterne das Aussehen nebeliger Massen annehmen. Aber dann kann man sich dadurch helfen, dass man zwei Aufnahmen mit zwei verschieden grossen Objektiven herstellt, wodurch der Zweifel verschwindet. Kleine lichtstarke Objektive geben den Nebel früher als die schwächsten Sterne."

Dr. Wolf hat mit seinem 5-zolligen Objektive Aufnahmen der Milchstrasse gemacht, welche bewunderungswürdig sind. Eine derselben, die Region um *α* Cygni darstellend, wurde am 9. und **10.** Sept. 1891 nach **13**-stündiger Exposition erhalten. Die kleinsten Sternchen auf derselben sind wahrscheinlich 18. Grösse nach der Harvard'schen photometrischen Skala.

Die Bewegung der planetarischen Nebel in der Gesichtslinie zur Erde hin. James E. Keeler veröffentlicht eine Abhandlung[1]), in welcher er einen vorläufigen Bericht über Untersuchungen der Spektra planetarischer Nebel und eine Feststellung der Ergebnisse der Messungen giebt, welche zeigt, dass einige von diesen Nebelflecken, die man bisher als relativ ruhend in bezug auf unser Sonnensystem annahm, in Wirklichkeit eine beträchtliche Eigenbewegung in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde besitzen.

Die ersten spektroskopischen Beobachtungen von Nebelflecken wurden auf dem Lick-Observatorium infolge eines Ersuchens von Dr. Huggins angestellt, welcher bat, dass die genaue Position der hellsten Linie im Orionnebel mit bezug auf den minder brechbaren Rand der Magnesiumbande, welche nahe mit jener Linie zusammenfällt, am 36-Zoller bestimmt werden möge, und ferner, dass der Charakter der Nebellinien untersucht würde. Der Ursprung dieser letzteren war zu dieser Zeit Gegenstand lebhafter Diskussionen.

Obgleich beim Empfange von Dr. Huggins Schreiben der

---

[1]) Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific **2.** Nr. 11.

Orionnebel bereits zu weit vom Meridiane war, um eine befriedigende Anwendung des Vergleichsapparates zur Bestimmung der Positionen zu gestatten, so wurde eine Untersuchung der Linien mit einer Anzahl verschiedener Spektroskope unter hinreichend günstigen Umständen angestellt. Zuerst wurde ein einfaches Prisma von 60° angewendet, dann ein zusammengesetztes Prisma von $3^1/_2$fach grösserer Zerstreuung, und endlich ein Rowland'sches Gitter von 14438 Linien auf den Zoll. Bei allen diesen verschiedenen Graden der Dispersion und ebenso mit den anderen zur Verwendung gelangten Spektroskopen erschienen die Nebelflecklinien stets als völlig monochromatische Bilder des Spaltes: breiter, wenn dieser weiter geöffnet war, und schmaler bis zur feinsten Schärfe, wenn der Spalt entsprechend enge gestellt wurde. Die hellste Linie zeigte niemals Neigung, das Aussehen des Überrestes eines Streifens anzunehmen, sondern bot stets den charakteristischen Anblick von Licht, welches von einem Gase bei niedriger Temperatur und geringem Drucke ausgestrahlt wird.

Einige wenige Messungen der Position der hellsten Linien, die unter äusserst ungünstigen Umständen angestellt wurden, waren ungenügend und selbst irrig und sollen bei nächster Gelegenheit wiederholt werden. Da dieser Teil der Beobachtungen nicht entscheidend war, so untersuchte H. Keeler auf Wunsch von Dr. Huggins die Spektra der Nebel Generalkatalog Nr. 4234 und Nr. 4373. In beiden Fällen fiel die hellste Nebellinie noch zusammen mit dem minder brechbaren Rande der Magnesiumbande, aber ein völliges Zusammenfallen konnte in keiner Weise erreicht werden.

Dagegen war der Unterschied in der Position dieser hellsten Linie in den Spektren beider Nebelflecke so beträchtlich und so entschieden grösser als die zulässigen Beobachtungsfehler, dass der Schluss unabweisbar erschien: entweder einer oder beide Nebel haben eine merkliche Eigenbewegung in der Richtung zur Erde. Deshalb unternahm man die möglichst genaue Bestimmung der Positionen der hellen Linien in den Spektren aller Nebelflecke, welche dem Apparate erreichbar sind. Einige dieser Messungen sind nunmehr vollendet, und die Ergebnisse werden in der gegenwärtigen Abhandlung mitgeteilt.

Die Positionen der drei hellsten Linien in den Spektren einer Anzahl planetarischer Nebel wurden 1868 von Lieutenant Herschel bestimmt, jedoch mit einem in optischer Beziehung zu mangelhaften Apparate. Ähnliche Messungen machte darauf Bredichin 1875, allein die erreichte Genauigkeit war auch nicht viel grösser, doch schloss der Beobachter, dass die Linien in den verschiedenen Nebelflecken ihrem Ursprunge nach identisch seien. Vogel bestimmte 1871 die Lage der hellsten Linie im Spektrum von 6 Nebeln (darunter der Orionnebel) mit viel grösserer Genauigkeit, allein auch diese ist zu dem gegenwärtigen Zwecke

noch nicht ausreichend. In einer 1874 veröffentlichten Abhandlung gab Huggins die Resultate einer Untersuchung von 7 Gasnebeln, unter denen sich auch der Orionnebel befindet. Er wies nach, dass in keinem Falle irgend eine Veränderung der relativen Position der Nebellinie gegen die Bleilinie (welche als Vergleichslinie diente) zu bemerken sei; dagegen schloss Maunder aus den 1884 zu Greenwich angestellten Beobachtungen, dass der Orionnebel vielleicht eine kleine Eigenbewegung in der Gesichtslinie zur Erde besitze.

„Da die Ergebnisse von Huggins“, bemerkt Herr Keeler, mit meinen eigenen Beoachtungen nicht in Übereinstimmung zu bringen sind, so schrieb ich die Unterschiede in der Position der Nebellinien zuerst konstanten Fehlern meines Apparates zu. Indessen ergaben die verschiedenartigsten Prüfungen und Versuche keinen Anhaltspunkt zur Begründung dieser Annahme, sondern überzeugten mich von der Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Da die Verschiebungen gering, und die Nebellinien schwach sind, so erscheint es wahrscheinlich, dass die Wahrnehmung jener nur in den mächtigsten Apparaten möglich ist.

Der Schluss, dass diese Nebelflecke keine relative Bewegung in bezug auf die Erde besitzen, ist schon a priori wenig wahrscheinlich. Die Fixsterne, bei denen man im allgemeinen beträchtliche Eigenbewegungen wahrgenommen hat, sind, den modernen Anschauungen gemäss, Entwickelungen aus vorher existierenden Nebelflecken, und jede Eigenbewegung des Sternes muss vorher auch dem Nebel, aus dem er sich bildete, eigen gewesen sein. Das Fehlen solcher Bewegung, wenn es bei den Nebelflecken durch Beobachtung erwiesen worden, wäre ein merkwürdiger Umstand, der erklärt werden müsste.

Das grosse Sternspektroskop des Lick-Observatoriums, welches zu den Beobachtungen benutzt wird, ist eines der vollkommensten Instrumente, die Brashear gefertigt hat. Eine vollständige Beschreibung desselben soll hier nicht gegeben, sondern nur einiges hervorgehoben werden, was direkt zu den Messungen, die in Rede stehen, Beziehung hat. Der Kollimator hat 20 Zoll Fokuslänge, das Beobachtungsfernrohr $10^1/_2$ Zoll, und beide sind aus Jenaer Glas verfertigt. Die effektive Öffnung des Kollimators, wenn er am 36-Zoller benutzt wird, ist 1.06 Zoll, und die thatsächliche Öffnung wird hierauf reduziert, um den Lichtbüschel des Vergleichsfunkens zu begrenzen. Das Licht des letzteren gelangt in den Kollimator durch ein total reflektierendes Prisma, und das absichtlich etwas ausserhalb des Fokus entstehende Bild des Funkens wird auf dem Spalte durch eine Linse entworfen, die eine grössere Winkelöffnung hat als das Kollimatorobjektiv. Das Vergleichsprisma kann in der Richtung des Funkens, sonst längs des Spaltes bewegt werden, und letzterer ist sowohl in Breite als in Länge veränderlich. Wird ein Objekt,

wie z. B. ein planetarischer Nebel beobachtet, so wird dasselbe zuerst zentral vor den Spalt gebracht und dieser darauf bis zum Durchmesser des Objektes verkürzt. Hierauf verengert man den Spalt bis zu dem für die Beobachtung erforderlichen Grade, und dann ist derselbe offenbar nur allein mit dem Lichte des Nebels erfüllt. Nachdem nun sein Bild durch den Faden des Mikrometers bisseziert worden, wird das Vergleichsprisma eingesetzt und das Bild des Nebels durch das Bild des Vergleichsfunkens ersetzt. Es ist klar, dass solcher Art die Lichtstrahlen aus beiden Lichtquellen denselben Teil des Spaltes und dieselbe Bahn im Spektroskope durchlaufen und auf denselben Teil des Mikrometers fallen. Wenn es wünschenswert ist, können die beiden Spektra auch unmittelbar direkt verglichen werden, indem alsdann das Vergleichsprisma so gestellt wird, dass es den offenen Teil des Spaltes nicht völlig deckt. Bei Beobachtung der Nebel wurde ein Rowland'sches Gitter von 14438 Linien auf den Zoll benutzt und die Messungen entweder am dritten oder am vierten Spektrum ausgeführt. Bei dieser Dispersion war nur allein die hellste Nebellinie im Gesichtsfelde. Die minder brechbare der beiden Stickstofflinien und der Rand der Magnesiumbande bei der Wellenlänge $\lambda = 5006$ waren durch ein beträchtliches Intervall getrennt, von welchem ein kleiner Bruchteil mit dem Mikrometer gemessen werden konnte. Die Nebellinie war folglich schwach, aber bei Verengerung des Spaltes bis zu dem Grade, dass die Linie die gleiche Breite besass, wie der gewöhnliche Mikrometerfaden, konnte sie von diesem bedeckt und die Einstellungen mit grösster Genauigkeit gemacht werden. Die Position der Nebelflecklinien wurde bestimmt im Anschlusse sowohl an den minder brechbaren Rand der Bande der Magnesiumflamme, als an die Bleilinie von der Wellenlänge $\lambda = 5004.5$ (nach Huggins). Diese beiden unabhängigen Messungen lieferten eine gegenseitige Kontrolle, doch gewährte die Bleilinie eine viel bessere Marke für das Mikrometer."

Hr. Keeler teilt die einzelnen Ergebnisse der Messungen bei den verschiedenen untersuchten Nebelflecken mit und giebt ebenso beschreibende Notizen über das Aussehen dieser Nebel nach den unmittelbaren Aufzeichnungen am grossen Refraktor. Hier kann nur ein Auszug daraus gegeben werden. Die einzelnen Nebel sind mit ihrer Nummer im Herschel'schen Generalkataloge der Nebelflecken aufgeführt, und die beigegebenen Örter gelten für 1890.0.

G.-K. 4058. R. A. = $15^h\ 3^m\ 28^s$ D. = $+ 56^0\ 11'$.

Dieser spindelförmige Nebel ist der Länge nach von einer schmalen, geraden, dunklen Spalte durchzogen, beiderseits derselben, nahe dem nördlich voraufgehenden Ende steht ein Sternchen von ungefähr 16. Grösse. Das kontinuierliche Spektrum

wurde nach einem Kohlenstoffstreifen durchsucht, doch war es äusserst schwach, und kein Detail konnte erkannt werden.

G.-K. 4234 R. A. = $16^h\ 39^m\ 53^s$ D. = $+24^0\ 0'$.

Dieser Nebel wurde zuerst am 15. Mai untersucht. Er ist nahezu rund mit hellem, sternartigem Kerne und zeigt ein kontinuierliches Spektrum, in welchem eine helle Linie bei D_3 einmal vermutet wurde. Ausserhalb des Nebels, aber mit ihm durch ein schwaches Lichtband verbunden, sieht man eine nebelige Kondensation mit Gasspektrum. Die 6 Messungen vom 13. Juni bis 10. Juli ergaben im Mittel als Wellenlänge der hellsten Nebellinie $\lambda = 5005.38$. Der grösste gemessene Wert ist $\lambda = 5005.54$, der kleinste 5005.28.

G.-K. 5851. R. A. = $17^h\ 7^m\ 53^s$ D. = $-12^0\ 47'$.

Die hellste Linie war sehr schwach in dem grossen Spektroskope, und ihre Wellenlänge ergab sich aus den Messungen vom 15. August zu $\lambda = 5005.06$.

G.-K. 4355. R. A. = $17^h\ 55^m\ 43^s$ D. = $-23^0\ 2'$.

Das Spektrum dieses (dreifachen) Nebels ist kontinuierlich, aber kurz, indem es im Grün und Blau endigt. Es zeigt eine Erhellung nahe der Mitte desselben, deren genaue Lage nicht geschätzt werden konnte. Der hellste Stern in dem Nebel gab ein kontinuierliches Spektrum ohne Linien, obgleich solche, welche so dunkel waren wie die gewöhnlichen in Spektralklasse I, wahrscheinlich gesehen worden wären.

G.-K. 4361. R. A. = $17^h\ 56^m\ 56^s$ D. = $-24^0\ 23'$.

Die Linien waren viel zu schwach zur Beobachtung im grossen Spektroskope. Mit einem kleinen Spektroskope mit einfachem Prisma von 60^0 wurden am 21. August drei helle Linien gesehen, welche wahrscheinlich die gewöhnlichen Nebellinien waren. Der Nebel ist voller Lichtknoten, welche das gleiche Spektrum zeigen, wie die mehr verwaschenen Stellen, auch sind manche Sterne im Nebel sichtbar, für die in den Spektren keine Linien entdeckt werden konnten. Dieser Nebel ist für ein Teleskop mit langer Brennweite zu verwaschen.

G.-K. 4373. R. A. = $17^h\ 58^m\ 35^s$ D. = $+66^0\ 38'$.

Das Aussehen dieses Nebels im 36-zolligen Refraktor ist von Hrn. Holden und Hrn. Schaeberle beschrieben worden. Die am wenigsten brechbare Linie liegt höher im Spektrum als bei irgend einem anderen bis jetzt untersuchten Nebel und fällt beinahe mit der Bleilinie zusammen. Die 5 Messungsreihen vom 4. Juli bis 22. August ergaben als Mittelwert für die Wellenlänge derselben: $\lambda = 5004.85$, mit den Extremen 5004.75 und 5005.14. Am 19. Juli wurde das Spektrum des Kernes mit dem oben erwähnten einfachen Spektroskope untersucht, doch war nichts besonderes zu bemerken. Vogel's „Spuren von Lichtlinien bei $\lambda = 527$, 518, 509, 579" wurden nicht gesehen, ebenso wenig eine Spur der Linie D_3.

G.-K. 4390 R. A. = $18^h\ 6^m\ 45^s$ D. = $+6^0\ 50'$.

Die Messungen der hellsten Spektrallinie geben im Mittel der Wellenlänge $\lambda = 5005.81$. Der Nebel ist einer der hellsten, welche ich untersucht habe. Die dritte Nebellinie im dritten Spektrum war hinreichend hell zur Vergleichung mit der $H\beta$-Linie einer Wasserstoffröhre. Mit einem gewöhnlichen Okulare betrachtet, scheint der Kern dieses Nebels nicht völlig scharf, sondern scheint sich in den umgebenden Nebel zu verlieren. Eine Untersuchung seines Spektrums mit dem einfachen Spektroskope bestätigte dies insofern, als das kontinuierliche Spektrum des Kernes ziemlich stufenweise in dasjenige des Nebels abfällt und eine grosse Zunahme an Helligkeit zeigt, wo es von den Nebelflecklinien durchkreuzt wird. Ausser den gewöhnlichen Linien 5005, 4957, $H\beta$ und $H\gamma$ wurden im Spektrum des Kernes mehrere andere gesehen. D_3 war ansehnlich hell und wurde durch Vergleich mit der Natriumlinie einer Spiritusflamme identifiziert. Die Linie $H\alpha$ ward mit grosser Mühe am äussersten Ende des Spektrums gesehen. Andere schwache Linien erschienen in der Nähe von $\lambda = 5680$, 5400 und 4450, und dunkle Banden wurden an zwei oder drei Stellen zwischen der hellsten Linie und D_3 vermutet. Die Hauptlinien waren fein und scharf im Spektrum des Nebels, aber verwaschen und verbreitert in demjenigen des Kernes. Diese Wahrnehmungen sind augenscheinlich in Übereinstimmung mit der naturgemässen Voraussetzung, dass der Kern aus kondensierter Nebelmaterie besteht von höherer Temperatur und höherem Drucke.

G. K. 4447 R. A. = $18^h\ 49^m\ 30^s$ D = $+\ 32^0\ 54'$

Die hellste Linie im Spektrum des Ringnebels in der Leyer ist viel zu schwach, um mit dem Gitterspektroskope gemessen zu werden. Mit dem kleinen Spektroskope sind Beobachtungen nicht angestellt worden.

N. G. K. 6790 R. A. = $19^h\ 17^m\ 20^s$ D. = $+\ 1^0\ 18'$.

Dies ist einer der sehr kleinen sternartigen planetarischen Nebel, welche Professor Pickering entdeckt hat. Er findet sich als Stern 9.4. Grösse in der Bonner Durchmusterung und ist rund, hell und mit sehr kleinem Kerne. In diesem Nebel ist die hellste Spektrallinie etwas weniger brechbar als bei irgend einem anderen der bis jetzt untersuchten Nebel, indem sie weniger brechbar ist als der Rand der Magnesiumbande. Diese Thatsache wurde sogleich bei der ersten Vergleichung gesehen und wird von den Messungen bestätigt. Die hellste Linie hat im Mittel der 3 Messungen eine Wellenlänge $\lambda = 5006.71$.

G. K. 4510 R. A. = $19^h\ 37^m\ 46^s$ D. = $-\ 14^0\ 25'$.

Die Eigenhelligkeit dieses Nebels ist gering, und die Messungen waren schwierig. Sie ergaben im Mittel als Wellenlänge der hellsten Nebellinie $\lambda = 5005.65$.

G. K. 4514 R. A. = $19^h\ 41^m\ 51^s$ D. = $+\ 50^0\ 16'$.

Die grosse, runde, ziemlich helle Scheibe dieses Nebels ist anscheinend strukturlos. Der Kern ist sehr hell und wurde mit

dem einfachen Spektroskope untersucht in der Erwartung, ein kompliziertes Spektrum von hellen Linien zu finden. Dasselbe war indessen kontinuierlich, und obgleich helle Punkte aufglimmten, konnten deren Positionen nicht bestimmt werden. Zwei Messungen ergaben im Mittel für die Wellenlänge der bekannten Linie $\lambda = 5005.87$.

G. K. 4628 R. A. = $20^h\,58^m\,11^s$ D. = $-11^\circ\,48'$.

Ein grosser, runder Nebel mit einem hellen inneren Ringe, beträchtlich verlängert von O nach W und mit sehr kleinem Kerne. Die beiden Messungen ergaben $\lambda = 5005.22$.

N. G. K 7027 R. A. = $21^h\,2^m\,55^s$ D. = $+41^\circ\,48'$.

Dies ist der hellste Nebel, den ich bis jetzt untersucht habe, und sein Spektrum ist äusserst interessant. Er ist in seinen Umrissen unregelmässig und enthält zwei zentrale Kondensationen, von denen eine oval und wohl definiert, die andere dagegen viel schwächer und verwaschener ist. Am nachfolgenden Rande des Nebels steht ein kleiner Stern. Das Spektrum wurde am 21. August mit dem (oben erwähnten) einfachen Spektroskope untersucht. Die am wenigsten brechbare Linie ist glänzend, die zweite auch recht hell, aber die Wasserstofflinien sind verhältnismässig dunkel, und ein Versuch, die dritte Linie mit der Wasserstofflinie $H\beta$ direkt am grossen Spektroskope zu vergleichen, schlug fehl Wurde der Spalt des Spektroskops erweitert, so konnte in der hellsten Linie ein monochromatisches Bild der zentralen Kondensation gesehen werden. Das kontinuierliche Spektrum des Nebels zeigte eine verhältnismässig schwache Lichtzunahme auf dem Kerne, welch' letzterer offenbar in weniger verdichtetem Zustande sich befindet, als der Kern des Nebels G. K. 4390 und derjenige mehrerer anderer Nebel. Verschiedene helle Linien unter der Gruppe im Blau waren nur im Spektrum der zentralen Kondensation sichtbar, offenbar wegen ihrer Lichtschwäche. Eine darunter wurde als in der Position von D_3 geschätzt, eine andere bei $\lambda = 5400$, und zwischen dieser und der hellsten Nebellinie lagen noch mehrere andere, davon eine bei $\lambda = 5200$. Dieser Nebel zeigt auch die Linie bei $\lambda = 4700$, welche im Spektrum des Nebels G. K. 4964 sichtbar ist. Mit dem grossen Spektroskope wurde die Lage der hellsten Linie durch zwei Messungen bestimmt zu $\lambda = 5006.13$.

G. K. 4964 R. A. = $23^h\,30^m\,27^s$ D. = $+41^\circ\,56'$.

Dieser Nebel ist ringförmig, mit einem hellen inneren Ringe und einem sehr kleinen Kerne. Sein Spektrum zeigt ausser den beiden hellsten Nebellinien und den Wasserstofflinien $H\beta$ und $H\gamma$ eine Linie bei $\lambda = 4700$, welche Huggins gelegentlich seiner ersten Beobachtungen dieses Nebels 1864 sah. Bei Untersuchung desselben mit dem einfachen Spektroskope am 21. August wurden auch keine anderen Linien als die genannten entdeckt. Diese Linien zeigen helle Stellen, da wo der innere Ring des Nebels

von dem Spalte des Spektroskops geschnitten wird. Das Spektrum des Kernes war ausserordentlich schwach, daneben existiert ein breites, schwaches, kontinuierliches Spektrum, welches dem Nebel selbst zugehört. Die Lage der hellsten Linie ist im Mittel aus zwei Messungen $\lambda = 5005.72$.

„Bei Bestimmung der Eigenbewegungen der Nebel aus den vorstehenden Beobachtungen entsteht eine Schwierigkeit dadurch, dass der Ursprung der hellsten Nebellinie unbekannt ist, und wir also keine irdische Substanz besitzen, um sie mit dieser unmittelbar zu vergleichen. Wenn wir aber Positionsbestimmungen dieser Linien an einer sehr grossen Zahl von Nebelflecken, die mit einer gewissen Gleichförmigkeit über den ganzen Himmel verteilt wäre, besässen, so könnten wir die mittlere Position und alle diese Bestimmungen als diejenigen betrachten, welche einem Nebel ohne Bewegung zukommt. Die einzelnen Abweichungen von diesem Mittelwerte würden dann den Ortsveränderungen der Nebel in der Richtung der Gesichtslinie entsprechen. Dieser Weg ist nun mit den obigen Beobachtungen eingeschlagen worden, da jedoch die Zahl dieser Nebel zu gering, und auch ihre Verteilung am Himmel nicht regelmässig ist, so können die erhaltenen Resultate nicht als endgültig betrachtet werden.

Bewegungen von planetarischen Nebeln in der Gesichtslinie zur Erde (das Zeichen + bezeichnet Entfernung, das Zeichen — Annäherung, beides in englischen Meilen pro Stunde).

Namen des Nebels	Eigenbewegung
G K 4234 (Σ 5)	— 11.2
G K 5851	— 6.7
G K 4373	— 31.0
G K 4390 (Σ 6)	+ 4.8
N G K 6790	+ 38.4
G K 4510	— 1.1
G K 4514	+ 7.1
G K 4628	— 17.2
N G K 7027	+ 16.8
G K 4964	+ 1.5

Die mittlere Wellenlänge der hellsten Linie in sämtlichen Nebeln ist $\lambda = 5005.68$. Es ist wahrscheinlich, dass eine grössere Zahl von Nebeln einen etwas kleineren Wert für die mittlere Wellenlänge dieser Linie ergiebt, so dass die Geschwindigkeit der Annäherung in obiger Tabelle etwas zu gross, die der Entfernung etwas zu klein wären. Der Unterschied der Bewegung bei den vorstehend aufgeführten Nebeln hat dagegen, wie ich glaube, einen hohen Grad von Sicherheit, so dass die Fehler kaum 2 oder 3 englische Meilen übersteigen dürften. — Die Spektra der Kerne der planetarischen Nebel haben eine bemerkenswerte Ähnlichkeit mit den Spektren der Wolf-Rayet'schen und anderer hellliniger Sterne, und wenn fernere Beobachtungen die innige Beziehung zwischen diesen Objekten bestätigen, so werden dadurch diese Sterne in die erste Reihe rücksichtlich

der Entwickelung gestellt werden. Die Linie D_3 erscheint in den zentralen Kondensationen einer Anzahl heller Nebel und würde bei genügender Helligkeit wahrscheinlich bei vielen derselben gesehen. Dieselbe Linie ist ebenfalls hervorragend bei den meisten Sternen mit Hell-Linienspektren. Andere Linien in den Nebeln und den Sternen sind wahrscheinlich identischen Ursprungs. Auf mein Ersuchen haben Herr Burnham und Herr Barnard die Wolf-Rayet'schen Sterne im Schwane nach Spuren umgebender Nebelhüllen untersucht, jedoch nur mit negativem Erfolge."

Das Spektrum der Wega ist von Herrn Deslandres photographiert worden, und zwar am 8. Oktober 1890, genau zur nämlichen Zeit, als Herr Fowler diejenige Photographie erhielt, in welcher er die Linie K am weitesten doppelt findet. Auf der Photographie von Deslandres zeigt sich dagegen diese Linie scharf, schmal und offenbar einfach, das nämliche Resultat ergaben auch Aufnahmen zu anderen Zeiten. Sonach ist das Ergebnis von Herrn Fowler bezüglich der Duplizität von der Lyra bestimmt irrig, wie auch schon Herr Prof. Vogel in Potsdam ausgesprochen hat[1]).

Das Spektrum des Veränderlichen β in der Leyer. Herr Prof. Pickering teilt mit[2]), dass auf der Harvard-Sternwarte 29 Photographien dieses Spektrums untersucht worden sind. Dasselbe ist hiernach dem Spektrum jedes anderen bis jetzt untersuchten Sternes unähnlich. Es wird von breiten, dunklen Wasserstoffbanden durchzogen und ebenso von anderen charakteristischen Linien, die in einigen Orionsternen auftreten. Aber ausser diesen sind einige helle Linien vorhanden, welche ihre Lage ändern. Die augenfälligsten davon haben näherungsweise folgende Wellenlängen: 486, 443, 434, 410, 403, 389. Die erste, dritte, vierte und sechste von diesen Linien fallen zusammen mit den Wasserstofflinien F, G, h und α, die anderen sind zwei der augenfälligsten Linien der Orionsterne. Die hellen Linien haben bisweilen eine etwas grössere Wellenlänge als die korrespondierenden dunklen Linien, so dass die letzteren bisweilen aussehen, als hätten sie einen hellen Rand an der weniger brechbaren Seite, während zu anderen Zeiten das Entgegengesetzte der Fall ist. Bekanntlich ist β in der Leyer veränderlich: die Hauptminima folgen in 12 Tagen 22 Stunden aufeinander, dazwischen liegen zwei Maxima der Helligkeit 3 Tage 5 Stunden und 9 Tage 16 Stunden nach dem Hauptminimum, sowie ein sekundäres Minimum nach 6 Tagen 11 Stunden. Bei 11 Platten, in welchen die hellen Linien eine verminderte Wellenlänge zeigen, fand sich, dass sie nach dem sekundären Minimum aufgenommen waren. Andere 14 Platten, die während der ersten Hälfte des Lichtwechsels auf-

[1]) Compt. rend. 1891. **112.** Nr. 8.
[2]) Astr. Nachr. Nr. 3851.

genommen sind, zeigen einen Zuwachs an Wellenlänge bei den hellen Linien, d. h. die dunklen Linien erscheinen hell an der Seite gegen Rot hin. Drei Platten endlich verhalten sich abweichend, und zwei andere, nahe zur Zeit des kleinsten Lichtes aufgenommen, zeigen eine Tendenz der hellen Linie, mit der dunklen zusammenzufallen, so dass sie fast verschwinden. Da die Beobachtungen sich über 4 Jahre erstrecken, so müssen die Veränderungen in der Lage der Linie mit den Veränderungen im Lichtwechsel völlig oder sehr nahe zusammenfallen, und es ist wahrscheinlich, dass beide eine gemeinsame Ursache haben. Das genaue Studium ergiebt, dass die Veränderungen im einzelnen sehr kompliziert sind, auf einigen Photographien erscheinen z B. verschiedene helle Linien doppelt. Mikrometermessungen und neue Aufnahmen sind gegenwärtig im Gange. Einstweilen glaubt Herr Prof. Pickering, dass die natürlichste Erklärung der Bewegung der hellen Linien die ist, dass ein Körper, welcher dieses Licht aussendet, sich in einer kreisförmigen Bahn von 12 Tagen 22 Stunden Umlaufszeit bewegt. Seine Maximalgeschwindigkeit ist etwa 300 englische Meilen (500 *km*) und der entsprechende kleinste Radius seiner Bahn 50 Millionen englische Meilen. Vielleicht handelt es sich um einen sehr engen Doppelstern wie β Aurigae, dessen beide Komponenten ungleiche Spektren haben. Vielleicht auch wird die Erscheinung durch einen Meteorstrom hervorgerufen oder durch ein Objekt ähnlich wie unsere Sonne, das in 12 Tagen 22 Stunden rotiert und eine grosse Protuberanz besitzt, die sich über 180° in die Länge ausdehnt. Die gelegentliche Verdoppelung der Linien würde dann durch die beiden Enden der Protuberanz zu erklären sein, die gleichzeitig sichtbar sind, von denen aber das eine sich nähert, das andere sich von uns entfernt. Die Änderung der Helligkeit könnte dann durch die Sichtbarkeit eines grösseren oder geringeren Teiles dieser Protuberanz vereinfacht sein.

Die genaue Lage der hellen Linien in den Spektren der Wolf- und Rayet'schen Sterne im Schwane. Diese drei Sterne, welche durch ihr Spektrum mit hellen Linien auffallen, wurden als solche 1867 entdeckt. Herr Huggins beabsichtigte, durch eine möglichst genaue Prüfung festzustellen, ob die helle Linie im Blau, welche die Spektra dieser Sterne zeigen, mit dem Kohlenstoffspektrum zusammenfällt. Auch wurde noch ein vierter Stern derselben Klasse, den Herr Pickering entdeckt hat, untersucht. Das Ergebnis war, dass in keinem dieser Fälle die blaue Linie mit derjenigen der Bunsenflamme zusammenfällt. Der helle Streifen der letzteren endigt gegen Rot hin mit einer scharfen, hellen Linie, fällt aber gegen Violett hin allmählich ab. Der helle Streifen in den obigen Sternspektren fällt nach beiden Richtungen hin allmählich ab. Das Helligkeitsmaximum der Bunsenflamme liegt bei der Wellenlänge

$\lambda = 474$, in 2 Sternen dagegen bei $\lambda = 468$, in den beiden anderen ist zwar bei $\lambda = 468$ auch eine Helligkeit, allein das Maximum liegt dort in $\lambda = 464$ oder 465. Der helle Streifen in den Sternspektren konnte nicht in gut getrennte helle Maxima aufgelöst werden, wie im Spektrum der Bunsenflamme, doch schien sie in ihren hellsten Teilen aus hellen Linien zu bestehen. Das kontinuierliche Spektrum erstreckt sich bis gegen Violett [1]).

Veränderungen im Spektrum von R. Coronae und R Scuti und die Spektra von R Aurigae und R Andromedae hat T. E. Espin beobachtet.

R. Coronae. Die Beobachtungen dieses Sternes zeigen eine merkwürdige Veränderung von dessen Spektrum. Während dieser sämtlichen Beobachtungen wurde der Stern in jeder Nacht mit verschiedenen Spektroskopen untersucht, wobei mit der schwächsten Dispersion begonnen wurde, und man bis zur stärksten fortschritt, welche der Stern noch erlaubte. Das Spektroskop war sehr sorgfältig an den scharfen F-Linien von α Coronae fokussiert. Nachstehend die Beobachtungen im Detail:

„1890, 26. März. Sehr klar Mondschein. Der Stern ungefähr 5.8. Grösse. Farbe gelblich weiss. Nichts sicher zu sehen, bisweilen Unregelmässigkeiten, entweder dunkle oder helle Linien vermutet.

1890, 10. April. Spektrum kontinuierlich, aber wiederum Linien vermutet. Eine helle starke vermutet bei F, aber, wie ich glaube, etwas brechbarer.

1890, 8. September. Eine wunderbare Veränderung hat im Aussehen des Spektrums dieses Sternes stattgefunden. Zwei breite Absorptionsstreifen sind darin erschienen, einer im Blaugrün, der andere im Blauviolett. Diese Banden sind an der weniger brechbaren Seite scharf begrenzt. Wird das Spektrum auf eine Linie reduziert, so sieht man helle Flecke weit entfernt im Violett, dies können helle Linien oder helle Räume sein. Der Stern ist nun blassgelblich und noch etwa 6. Grösse.

1890, 14. September. Das Spektrum ist anscheinend vom IV. Typus, indem die Banden an der brechbareren Seite allmählich abfallen, an der weniger brechbaren sind sie dagegen scharf begrenzt. Der Streifen im Blaugrün wurde zeitweise in feine Linien aufgelöst vermutet. Zwischen den beiden Streifen wurde eine helle Linie vermutet. Der Stern hat seine Helligkeit nicht verändert, ist aber nunmehr blassorange.

1890, 8. Oktober. Sehr nebelig, schliesslich deswegen Schluss der Beobachtung. Der Stern ist nur trüb zu sehen, die Banden scheinen schwächer geworden zu sein.

---

[1]) Proceedings of the Royal Society **49.** Nr 296.

1890, 10. Oktober. Der Stern ist nunmehr wieder zu dem kontinuierlichen Spektrum des I. Typus zurückgekehrt, welches er im Frühjahre zeigte. Das breite Band im Blaugrün ist verschwunden, dasjenige im Violett ist dagegen vielleicht noch vorhanden, aber sehr schwach. Die früher erwähnte helle Linie wird wieder vermutet. Der Stern ist nun gelblichweiss in der gleichen Helligkeit wie zuletzt.

R Scuti. 1890, 21. August. III. Typus. Die Banden sind schwach. Die Streifen 1, 2, 3 nach Dunér's Nomenklatur gesehen, ebenso 7 und 8, welche die stärksten sind.

1890, 23. August. Grösse 7.2 der Schätzung nach. Farbe: blass orangerot; sorgfältige Prüfung. Das Spektroskop wurde jedesmal an λ Aquilae fokussiert. Typus III, aber eigenartig. Die gewöhnlichen Banden 1, 2, 3 wurden gesehen, die Banden 4 und 5 sind schwach, 7 und 8 stark. Wird das Spektrum auf eine Linie reduziert, so sieht man helle Knoten im Violett und Ultraviolett, weder Linien, noch Räume.

1890, 8. September. Die Banden 4 und 5 sind heute Nacht viel besser zu sehen, die anderen dagegen sind unverändert. Der Stern ist nun heller.

1890, 10. Oktober. Der Stern ist nahezu 6. Grösse. Der III. Typus des Spektrums ist nicht länger mehr sicher zu erkennen. Ein Rest des Bandes 7 ist noch geblieben, die anderen sind ganz oder fast völlig verschwunden. Vielleicht ist der Streifen 8 noch da.

1890, 12 Oktober. Der Stern ist nahe 6. Grösse; er steht niedrig und unduliert; der Spektraltypus ist zweifelhaft, vielleicht III, aber unbestimmt.

1890, 15. Oktober. Der Stern ist nahezu 6.5. Grösse. Spektrum wieder deutlich vom III. Typus Die Banden 7 und 8 am deutlichsten gesehen, ebenso 1 bis 4 sichtbar. Die Banden sind aber schwach und nebelig, doch nunmehr breiter und das Spektrum ähnlich wie am 21. August.

1890, 1. November. Normales Spektrum vom III. Typus, Stern 6.8. Grösse. Die Banden in allen Teilen des Spektrums gut sichtbar. Die Streifen 7 und 8 sind besonders breit.

R Aurigae. 1890, 18. August. Grösse 7.2, Farbe schön rosenrot. Schönes Spektrum vom III. Typus, es scheint ähnlicher demjenigen von Mira im Walfische als dem von R Andromedae.

R Andromedae. 1890, 23. August. Grösse etwa 7.3. Die Banden im Spektrum nicht tief, ausser im Blau und Violett. Wird das Spektrum auf eine Linie reduziert, so werden helle Punkte im Violett und Ultraviolett vermutet Die Linie F ist vielleicht hell, aber dies ist nicht sicher.

1890, 8. September Der Stern hat an Licht zugenommen, und die γ-Wasserstofflinie sowie F wurden bestimmt gesehen, doch sind sie schwach.

1890, 14. September. Im roten Teile des Spektrums wurden Streifen gut wahrgenommen, die Streifen im Gelb sind schwach. F ist nun deutlich zu sehen.

1890, 15. September Die F-Linie bietet jetzt ein wunderbares Schauspiel. Der Stern ist nicht sehr rot, die Banden sind alle schwach, ausser im Rot. Ein heller Raum im Gelb sieht aus wie eine Menge von feinen hellen Linien. Ein tiefes Band ist im Violett zu sehen. Die Linien $H\gamma$ und D_3 sind möglicher Weise hell zu sehen [1])".

Der gegenwärtige Standpunkt der coelestischen Spektralanalyse ist von Dr. Schreiner in einem wichtigen wissenschaftlichen Werke [2]) dargelegt worden, das nach jeder Richtung hin die Summe dessen zieht, was heute feststeht, und was zur Zeit noch fraglich ist. Zunächst giebt der Verfasser Beschreibung und wissenschaftliche Theorie der heute gebräuchlichen Spektralapparate. Am ausführlichsten behandelt er dabei die auf dem Potsdamer Observatorium zur Anwendung kommenden Spektroskope, da sie in der That die vorzüglichsten Instrumente ihrer Art sind. Besonders interessant sind auch für den Fachmann die photographischen Aufnahmen der Spektra der Himmelskörper, da gerade auf diesem Gebiete das Potsdamer astrophysikalische Observatorium grundlegende Beobachtungsmethoden und Ergebnisse gezeitigt hat. „Es ist", bemerkt Dr. Scheiner. „völlig unrichtig, zu sagen, dass die photographische Platte empfindlicher sei, als das Auge Viel eher findet das Umgekehrte statt, der Unterschied beruht nur darauf, dass das Auge Lichtintensitäten wahrnimmt, während die Photographie mit Lichtquantitäten arbeitet, und als integrierendes Moment die Zeit hinzutritt. Objekte, die das Auge wegen ihrer Lichtschwäche nicht mehr erkennen kann, liefern bei stundenlanger Exposition endlich diejenige Lichtmenge, welche zur Hervorbringung des nötigen Silberniederschlages genügt. Die Dauerexposition gewährt daher sehr viel mehr, als das Auge zu leisten vermag, und in demselben Masse kann die Dispersion stärker genommen werden."

Das Auge ist bekanntlich nicht im stande, in einem sehr schmalen Lichtbande Einzelheiten wahrzunehmen, aus diesem Grunde muss man das fadenförmige Sternspektrum durch eine Zylinderlinse verbreitern, was natürlich eine erhebliche Lichtschwächung zur Folge hat. Auf der photographischen Platte hat man aber ein reelles Bild des Lichtbandes mit allen seinen Einzelheiten, die man nunmehr mit dem Mikroskope wahrnehmen kann. Sonach fällt also bei photographischen Aufnahmen die Anwendung einer Zylinderlinse fort, und man kann dafür die Dispersion und damit die Länge des Spektrums vermehren.

[1]) Monthly Notices **51.** No. 1.
[2]) Die Spektralanalyse der Gestirne. Leipzig 1891.

Hiermit aber überragt die Menge von Linien, welche auf der Photographie erkannt werden können, ganz erheblich dasjenige, was die direkte Beobachtung am Fernrohre gewährt. „Die Art und Weise, wie sich bei der photographischen Aufnahme von Sternspektren die Luftunruhe äussert, gewährt dieser Methode einen neuen Vorzug vor der direkten Beobachtung. Die empfindliche Schicht registriert bei den Dauerexpositionen ein mittleres Bild aller einzelnen Momente. Herrscht im Bilde absolute Ruhe, so wird die Zeichnung so scharf, wie sie, entsprechend dem optischen Teile des Instrumentes und dem Silberkorne nach, nur werden kann. Finden Schwankungen statt, so wird ein Schwerpunktsbild entstehen, bei welchem die Oszillationen eine ihrer Amplitude entsprechende Verwaschenheit hervorrufen. Wechselt die Helligkeit der Bilder, so giebt die Photographie die mittlere Helligkeit wieder.

Hiernach ist ersichtlich, dass die Hauptschwierigkeiten, welche die Luftunruhe der direkten Spektralbeobachtung bei Sternen in den Weg legt, bei der Photographie vollständig wegfallen.

Der ständige Wechsel der Helligkeit und das „Flattern" des Spektrums, die am störendsten wirken, kommen für die Photographie nur noch insofern in Betracht, als sie die mittlere Helligkeit des Spektrums vermindern, ein Übelstand, der durch Verlängerung der Expositionszeit gehoben werden kann."

Die Photographie der Sternspektra stellt indessen an die dazu benutzten Apparate wegen der oft stundenlangen Exponierung hohe Anforderungen in bezug auf Stabilität. In dieser Beziehung ist der grosse Spektrograph des Potsdamer Observatoriums ein Instrument erster Klasse, und Dr. Scheiner widmet ihm deshalb eine eingehende Beschreibung.

Bezüglich der Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren bleibt Dr. Scheiner bei der Vogel'schen Einteilung (von 1884), die von derjenigen die Prof. Pickering bevorzugt[1], etwas abweicht. Vogel unterscheidet bekanntlich 3 Klassen von Spektraltypen der Fixsterne, von denen jede mehrere Unterabteilungen enthält, nämlich:

Klasse I, Spektra, in welchen die Metalllinien nur äusserst zart auftreten oder gar nicht zu erkennen sind, und Blau und Violett sehr intensiv erscheinen (mit 3 Unterabteilungen).

Klasse II, Spektra, in denen die Metalllinien sehr deutlich auftreten. Die brechbaren Teile des Spektrums sind im Vergleiche zur vorhergehenden Klasse matt, in den weniger brechbaren Teilen treten bisweilen schwache Bänder auf (2 Unterabteilungen).

Klasse III, Spektra, in denen ausser dunklen Linien noch zahlreiche dunkle Bänder in allen Teilen des Spektrums auftreten, von denen die auffallendsten nach dem Violett dunkel und scharf

[1]) Klein, Jahrbuch 1. p. 85.

begrenzt, nach dem Rot matt und verwaschen erscheinen (2 Unterabteilungen).

Von diesem Einteilungsprinzipe aus stellt nun Dr. Scheiner die Ergebnisse der bisherigen Detailforschung am Fixsternhimmel dar.

Da sind zunächst die Sterne der Spektralklasse Ia, weiss von Farbe, völlig oder fast ohne Metalllinien, dafür mit starker Wasserstoffabsorption. Typisch hierfür sind nach Scheiner α Leonis, α Ophiuchi und β Librae. Je breiter und verwaschener die Wasserstofflinien erscheinen, um so massiger ist die Atmosphäre dieser Sterne anzunehmen. In die Klasse Ib gehören nach Vogel's neuester Charakteristik die Spektra, in welchen die Wasserstofflinien und die wenigen Metalllinien alle von nahe gleicher Breite und scharfer Begrenzung erscheinen (β Orionis, ε Orionis, α Cygni). Scheiner kommt zu dem Ergebnisse, dass bei den Sternen dieses Typus verhältnismässig geringe und stark abgekühlte Atmosphären anzunehmen sind, Bedingungen, die gleichzeitig erfüllt sein können, wenn die Atmosphären sehr ausgedehnt aber äusserst wenig dicht sind.

Zur Klasse Ic gehören die Sterne ohne dunkle Linien, in denen vielmehr die Wasserstofflinien und die Linie D_3 hell und etwas verwaschen erscheinen. Die Erklärung dieser Erscheinung giebt Scheiner durch die Annahme, dass diese Gestirne mit sehr ausgedehnten Atmosphären umgeben sind, und dass das Emissionsspektrum von den Teilen der Atmosphäre, welche in der uns sichtbaren Projektion über die eigentliche Sternscheibe hinausragen, das Absorptionsspektrum des mittleren Teiles überlagert und überblendet.

„Es ist mir gelungen", sagt er, „aus dem Anblicke der $H\gamma$-Linie bei γ Cassiopejae, auf photographischen Aufnahmen einen direkten Beweis für die Richtigkeit dieser letzteren Erklärung zu finden. Nach derselben ist anzunehmen, dass die Atmosphäre eine sehr beträchtliche Ausdehnung gegenüber derjenigen des eigentlichen Kernes besitzt, weil die Intensität der hellen Linien gegenüber derjenigen des kontinuierlichen Spektrums auch bei sehr schwachen Dispersionen eine sehr viel stärkere ist. Dann muss die Dichtigkeit der äusseren Teile der Atmosphäre, welche die weitaus grösste Fläche bilden, sehr viel geringer sein als diejenige der inneren Teile von geringerer Fläche, d. h. während beim Absorptionsspektrum die Intensitätsabnahme von der Mitte der Linie bis zum Rande der mittleren Dichtigkeit der Atmosphäre entspricht, kommen beim Emissionsspektrum die Teile geringer Dichtigkeit weit mehr zur Geltung; der Intensitätsunterschied zwischen Mitte und Rand der Linie ist also sehr viel beträchtlicher als beim Absorptionsspektrum: die Linie ist praktisch weniger breit als bei letzterem. Der Gesamteindruck der Linie muss also ein derartiger sein, dass vom kontinuierlichen Spektrum

aus gerechnet, zuerst eine geringe Abnahme der Helligkeit und dann erst die Zunahme bis zur Mitte der hellen Linie erfolgt. Dieser Forderung entspricht nun thatsächlich das Aussehen der H γ-Linie im Spektrum von γ Cassiopejae."

In die Klasse Ic gehören, soviel bis jetzt bekannt, nur die beiden Sterne γ Cassiopejae und β Lyrae, und es ist wahrscheinlich, dass die hellen Linien in den Spektren derselben an Glanz veränderlich sind, eine Erscheinung, deren Erklärung sehr schwierig sein dürfte.

Die Spektra der Klasse IIa sind ausgezeichnet durch die grosse Anzahl kräftiger, aber meist scharf begrenzter Metalllinien, unter denen die Wasserstofflinien noch eine hervorragende Stellung einnehmen, ohne aber in ihrem Charakter wesentlich von den übrigen Linien verschieden zu sein.

In diese Klasse gehört unsere Sonne, und den Übergang von Ia zu IIa bildet Procyon. Die genaue Ausmessung der im Spektrum von α Aurigae sichtbaren Linien durch Scheiner hat ergeben, dass dieses Spektrum mit dem Sonnenspektrum bis in die kleinsten Einzelheiten identisch ist. „Eine derartige Übereinstimmung", sagt Scheiner, „findet ebenso zweifellos bei einer grossen Anzahl der gelben Sterne statt, z. B. bei β Geminorum, α Arietis und α Bootis, und es ist dies ein höchst wichtiger Beweis für die ausserordentliche Gleichförmigkeit, welche in der Zusammensetzung und auch in der Entwickelung der Sterne stattfindet und nicht nur hierfür, sondern auch für die Thatsache, dass bei denjenigen Sternen, die sich in demselben Entwickelungsstadium befinden, diese Gleichförmigkeit sich auch auf die Dichtigkeits- und Temperaturverhältnisse und gleichsam auf die prozentische Zusammensetzung der verschiedenen Elemente erstreckt."

Von der Klasse IIa zur Klasse IIIa findet ein gut zu verfolgender Übergang statt, wobei die Farbe der Sterne immer mehr rötlich wird. Diese rötliche Färbung entsteht dadurch, dass die Anzahl der dunklen Linien gegen die brechbaren Teile des Spektrums hin immer mehr wächst, und zwar von der Linie G an so stark, dass mit dieser Gruppe das Spektrum wie abgeschnitten erscheint. Der hellste Stern des Typus IIIa ist α im Orion, dessen Spektrum von Vogel aufs genaueste vermessen worden ist. Bei diesem Sterne ist, wie Scheiner hervorhebt, ebenso wie bei den Sternen des 2. Typus das Eisenspektrum geradezu massgebend, indem etwa die Hälfte aller Linien diesem Metall angehört. In den Spektren des Typus IIIa treten eigentümliche Absorptionsbänder im Rot, Gelb und Grün auf, die an einer Seite scharf begrenzt, sich nach der anderen allmählich verlieren. Auch gewisse Linien sind nach der einen Seite hin verwaschen. „Genauere Untersuchungen", sagt Scheiner, „über das Entstehen einseitiger Verbreiterungen liegen nicht vor; es ist nur bekannt, dass sie bei chemischen Verbindungen der Metalle ent-

stehen, besonders bei den Oxyden, und die Erscheinung würde demnach in Übereinstimmung mit allen anderen Eigentümlichkeiten des Spektrums vom III. Typus auf eine Erniedrigung der Temperatur deuten.

Es ist daran zu erinnern, dass von H. C. Vogel im Spektrum der Sonnenflecken ganz ähnliche einseitige Verwaschenheiten starker Linien beobachtet worden sind. Es scheint nicht fraglich, dass beide Erscheinungen identisch sind, da auch die Sonnenflecken zweifellos Regionen niedrigerer Temperatur darstellen. In den letzteren sind auch Bänder, denen des dritten Typus ähnlich, konstatiert worden, und es besteht daher eine merkliche Ähnlichkeit zwischen dem Fleckenspektrum und demjenigen der Sterne des Typus IIIa.

Alles dies lehrt, dass die Sterne des Typus IIIa eine weitere Stufe in dem durch die Abkühlung und Verdichtung gegebenen Entwickelungsgange der Fixsterne darstellen; wir werden uns dieselben auf dem grösseren Teile ihrer Oberfläche in einem Zustande vorzustellen haben, der demjenigen in den Sonnenflecken nahe liegt, und hiermit ist wiederum eine Erklärung des Umstandes gegeben, dass so sehr viele Sterne dieser Spektralklasse zu den Veränderlichen mit langer Periode und zu den irregulären Veränderlichen gehören."

Zur Klasse IIIb gehören nur schwächere Sterne (unter 5. Grösse), deren Spektrum also nur mit grosser Schwierigkeit zu untersuchen ist. „Es ist dies", sagt Scheiner, „sehr zu bedauern, da gerade dieses Spektrum ein besonders interessantes ist, dessen genauere Erforschung sehr wünschenswert wäre. Die charakteristischen Bänder dieser Spektra erregen vor allem dadurch ein besonderes Interesse, dass sie mit denjenigen des Kohlenwasserstoffes identifiziert werden konnten, dass also hier nicht nur der Nachweis irgend einer chemischen Verbindung vorliegt, sondern sogar der einer bestimmten."

Ob die Klasse IIIb eine weitere Entwickelungsstufe von IIIa vorstellt, oder ob sie ihr koordiniert ist, lässt sich mit Sicherheit noch nicht entscheiden, Pechüle glaubt das erstere, Scheiner ist entgegengesetzter Ansicht und meint, dass die Sterne beider Klassen sich nur durch die Art der chemischen Verbindung, welche sich in ihrer Atmosphäre zuerst gebildet hat, unterscheiden. Bevor man ermittelt hat, welches die chemische Verbindung in den Sternen der Klasse IIIa ist, wird man über die Ursache, welche bei den verschiedenen Sternen zu einer verschiedenen Wirkung führt, und welche also die Trennung in die beiden Unterabteilungen bedingt, völlig im Unklaren bleiben.

Schliesslich muss noch der Thatsache gedacht werden, dass Espin in den letzten Jahren bei einigen veränderlichen Sternen (R Leonis, R Hydrae, R und χ Cygni) das Aufleuchten von hellen Linien entdeckt hat, und es scheint, dass diese hellen

Linien nur zeitweilig in jenen Spektren sichtbar werden. Der Stern R Cygni gehört seinem Spektrum nach zur Klasse IIIa; am 13. August 1888 sah man aber darin plötzlich die F-Linie hell, woraus man schliessen muss, dass auf jenem Sterne eine gewaltige Katastrophe stattgefunden haben muss, die vielleicht einige Ähnlichkeit mit denjenigen besitzt, durch welche uns die sogenannten neuen Sterne sichtbar werden.

Solcher hell auflodernden Sterne kennt die Geschichte mehrere. Seit Erfindung der Spektralanalyse haben vier Fälle von neuen Sternen stattgefunden, 1866 in der Krone, 1876 im Schwane, 1885 im Andromedanebel und gleichfalls 1885 im Orion. Die wichtigsten spektralanalytischen Untersuchungen beziehen sich auf die neuen Sterne in der Krone und im Schwane, besonders auf den letzteren. Er zeigte (wie jener in der Krone) ein von zahlreichen dunklen Streifen durchzogenes Spektrum mit vier hellen Linien. Die Anwesenheit von Wasserstoff ergab sich als sicher, sehr wahrscheinlich auch diejenige von D_3, sowie einer oder zweier der Linien, welche in den Nebelflecken auftreten.

Eine allgemein angenommene Erklärung der Erscheinungen, welche die neuen Sterne darbieten, ist zur Zeit noch nicht vorhanden.

Unter den Möglichkeiten, welche die oberflächliche Erregung eines Fixsternes hervorrufen könnte, lässt Scheiner auch den Zusammenstoss eines Fixsternes mit einer relativen kleinen Masse, etwa den Sturz eines Himmelskörpers von der Masse eines unserer Asteroiden auf einen Fixstern zu. Sehr richtig bemerkt er: „Die hierdurch an einem Punkte der Oberfläche eventuell entstehende Wärme ist eine ganz enorme und würde im stande sein, auf einen grösseren Umkreis hin eine beträchtliche Erhitzung der Atmosphäre, verbunden mit Verbrennungsprozessen, vielleicht auch mit Ausbrüchen aus dem Inneren hervorzubringen. Um die nötige Geschwindigkeit der Abkühlung zu erklären, würde nur, wie bei der Zöllner'schen Hypothese, die Annahme einer verhältnismässig weiten Verbreitung der heissen Massen über die Oberfläche hin notwendig sein. Das Zusammentreffen eines Fixsternes mit einem kleinen Körper ist an und für sich durchaus nicht unwahrscheinlich.

In der Vogel'schen Reihe stehen die neuen Sterne in der Klasse IIb zusammen mit fünf anderen Sternen, die in ihren Spektren helle Linien zeigen. Vielleicht gehören diese Sterne aber gar nicht der normalen Entwickelungsreihe an, sondern bezeichnen Ausnahmezustände."

Versuche zur Messung der Sternenwärme haben früher wiederholt positive Ergebnisse gezeigt, obgleich die nämlichen Instrumente, welche z. B. beim Arktur eine Temperaturerhöhung von etwa 0.01° C. lieferten, die gewiss an sich viel stärkere Mondstrahlung nicht erkennen liessen. Dr. Maurer hat

indessen gezeigt[1]), dass diejenige Wärmemenge, welche uns aus dem interplanetaren Raume vermöge der Radiation von Körpern hoher und niedriger Temperatur, unter Ausschluss der Sonne und des Mondes, zugestrahlt wird, jedenfalls und namentlich im Vergleiche zur Sonnenwärme als vollständig belanglos, ja verschwindend klein anzusehen ist, und dass namentlich an eine direkte, sichere Beobachtung einer so kleinen Grösse kaum oder garnicht gedacht werden darf.

In den letzten Jahren hat nun C. V. Boys einen sehr empfindlichen Apparat konstruiert, das Radiomikrometer. Dasselbe übertrifft nicht nur an Empfindlichkeit und Sicherheit die frühere Thermosäule um ein ganz bedeutendes, sondern es ist auch vollkommen unabhängig von störenden Effekten seitens des äusseren Magnetismus, ferner von äusserlichen Änderungen der Temperatur und bedarf keiner galvanometrischen Hilfsapparate

Mit diesem Instrumente sind nun von Boys neue Beobachtungen über die Sternstrahlung angestellt worden[2]). Ein Äquatorialstern brauchte nach Angabe von C. V. Boys immer noch ungefähr 20 Sekunden, um die empfindliche Fläche zu passieren, während bereits 5 Sekunden genügten, um von irgend einer schwachen Wärmequelle die entsprechende Ablenkung zu erhalten. Ergab sich daher während der Zeit eines Durchganges keine sichtbare Deflektion von 0.1 bis 0.2 *mm*, so durfte auch mit Sicherheit geschlossen werden, dass die empfangene, minimale Wärmemenge nicht hinreichte, eine solche zu erzeugen. Mit diesem Stellaraktinometer wurden nun seit September 1888 (auf dem Lande, in einem frei gelegenen Garten, Meereshöhe ungefähr 120 *m*) eine Reihe von Beobachtungen über die Wärmestrahlung an Planeten (Saturn, Jupiter, Mars und Venus), Fixsternen erster und zweiter Grösse (Aldebaran Arktur, Capella Wega, Atair, α Cygni u. s. f.) und der Mondscheibe bei verschiedenen Phasen ausgeführt, worüber der obige Bericht ausführliche Mitteilungen enthält. Als Hauptresultat ergab sich daraus, dass trotz der ausserordentlich hohen Empfindlichkeit des Instrumentes — eine minimale Wärmemenge, welche ungefähr den $^1/_{150\,000}$ Betrag der von der Vollmondscheibe ausgesandten erreichte, würde noch eine Ablenkung hervorrufen, die an dem Aktinometer sicher zu beobachten gewesen wäre — keine Spur einer vorhandenen Sternenstrahlung entdeckt werden konnte, namentlich auch nicht bei Arkturus, der nach den vorgängigen Messungen Stone's doch zu den schönsten Hoffnungen berechtigte. „Ich denke,“ sagt C. V. Boys am Schlusse seiner Arbeit, „meine Beobachtungen zeigen, dass die Wärmestrahlung des Arkturus bis jetzt noch nicht beobachtet worden ist (es sei denn, dass der Refraktor irgend welche geheimnis-

[1]) Klein, Jahrbuch **1.** p. 246.
[2]) Proceedings Royal Soc. **47.** p. 480.

volle Kraft besitzt, die dem Reflektor abgeht), und ganz der nämliche Schluss darf auch in Beziehung auf die anderen Sterne gezogen werden. Ich habe allerdings noch keineswegs erreicht, was ich für die praktische Grenze der Empfindlichkeit meines Radiomikrometers halte, und es ist möglich, dass ich mit einem empfindlicheren Instrumente oder einem stärkeren Teleskopspiegel noch im stande sein werde, einen bestimmten und wirklichen Strahlungseffekt zu beobachten."

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die wahrscheinlichsten Werte der allgemeinen Konstanten, welche den Erdkörper betreffen, sind von Prof. Harkness abgeleitet und zusammengestellt worden [1]. Was die Erddimensionen anbelangt, so bezeichnet er als wahrscheinlichste Werte folgende, die zum grossen Teile auf den 1880 von General A. R. Clarke unter Voraussetzung einer rein sphäroidischen Form abgeleiteten Grössen und auf einem Bogen von 89° 32′ beruhen, aber auch den auf anderen Wegen für die Abplattung gefundenen Werten möglichst Rechnung tragen. Hiernach hat man:

Äquatorialhalbmesser = 6 377 972 + 124.8 *m*
Polarhalbmesser = 6 356 727 + 99.1 „
Länge des Erdquadranten = 10 001 816 + 125.1 „
Abplattung = 1 : 300.205 + 2.964
Exzentrizität = 0.006 651 018.

Ist φ die geographische, φ' die geozentrische Breite, so hat man:

$$\varphi - \varphi' = 688.2242'' \sin 2\varphi - 1.1482'' \sin 4\varphi + 0.0026 \sin 6\varphi$$

Mittlere Dichte der Erde = 5.576 + 0.016
Oberflächendichte = 2.56 + 0.16
Länge des Sekundenpendels in Metern: $0.990\,910 + 0.005\,290 \sin^2\varphi$
Acceleration der Schwere in der Sekunde mittlerer Sonnenzeit in Metern $= 9.779\,886 + 0.052\,210 \sin^2\varphi$.

Die Messung des 52. Parallels in Europa, welche 1861 Struve und Baeyer vorschlugen, und deren Ausführung von den Regierungen der beteiligten Staaten angeordnet wurde, ist nunmehr in der Hauptsache beendigt. Die Endpunkte der Messung sind Valencia in Irland und Orsk in Russland, und der ganze Bogen umfasst 69.5°. Der grösste Teil davon fällt auf Russland, und die Ergebnisse der dortigen Arbeiten sind jetzt veröffentlicht [2]. Hiernach hat der gesamte gemessene Bogen geodätisch

[1] Washington Observations for 1885. Appendix III. Washington 1891.

[2] Mémoires de la Section topographique de l'état major général russe **46. 47.** Publiés sous la Direction du Général Stebnitzky. St. Petersburg 1891.

eine Länge von 39° 26′ 3.23″, astronomisch von 39° 25′ 51.15″, und diesem Längenunterschiede entspricht eine lineare Distanz von 2 709 086.7 *m*, so dass die mittlere Grösse eines Grades des Parallels von 52° n. Br. in Russland 68 641.2 *m* beträgt. Diese Grösse ist aber in einzelnen Teilen des Bogens verschieden. Zwischen Warschau und Grodno beträgt sie 68 766.2 *m*, zwischen Ssamara und Orenburg 68 655.6 *m*. Der englische Bogen, zwischen Nieuport und Haverfordwest (von 7° 43′ 13.8″ Ausdehnung) ergiebt für 1° des Parallels eine lineare Länge von 68 688.0 *m*, also wiederum einen anderen Wert. Hiernach muss man schliessen, dass der 52. Parallel in Europa kein genauer Kreis ist, sondern eine etwas davon abweichende, übrigens nicht näher bekannte Kurve, d. h. die Erde ist kein genaues Sphäroid. Die Messungen auf dem 42. Parallel in Nordamerika haben ein ähnliches Resultat ergeben.

Die Berechnung des westlichen Teiles der Struve'schen Erdmessung von Czenstochau bis zur englischen Küste ist vom Kgl. Preuss. Geodätischen Institute fertig gestellt worden, und auch der grössere Teil der geodätischen Linien zwischen den astronomischen Punkten ist gerechnet. Nach dem Berichte des Direktors, Prof. Helmert[1]), ist die Übereinstimmung der Grundlinien ausgezeichnet. „Berechnet man nämlich mittelst der ohne Anschlusszwang aufgestellten Dreieckskette aus jeder Grundlinie den Logarithmus der Seite Hagelsberg-Colmberg, so ergiebt sich

		Abweichung vom Mittel
aus dem englischen Anschluss	4.765 2323	+ 26
„ der Basis von Ostende	2334	+ 37
„ „ „ „ Lommel	2302	+ 5
„ „ „ „ Bonn	2268	— 29
„ „ „ „ Göttingen	2276	— 21
„ „ „ „ Grossenhain	2297	— 0
„ „ „ „ Berlin	2310	+ 13
„ „ „ „ Königsberg	2329	+ 32
„ „ „ „ Strehlen	2266	— 31
„ „ „ „ Czenstochau	2265	— 32
Mittel	2297	

Diese Zahlen sind jetzt endgültig bis auf die Zahlen für Bonn und Berlin, wo das Mittel der Basislängen nach nur vorläufiger Annahme angesetzt ist, und Änderungen von einigen Einheiten der letzten Stelle möglich sind. Die Übereinstimmung ist weit besser, als die Genauigkeit der Winkelmessung nach Massgabe der Dreiecksabschlüsse erwarten lässt. Nimmt man an, dass der mittlere Fehler einer ersten, aus der Basis hergeleiteten Hauptdreiecksseite $\pm {}^1/_{400\,000}$, und derjenige eines Dreieckswinkels $\pm$ 0.4″ ist, so entspricht dies annähernd den oben mitgeteilten Anschluss-

[1]) Jahresbericht des Direktors des Kgl. Preuss. Geodätischen Instituts vom April 1890 bis April 1891. Berlin 1891.

differenzen. Allein diese mittleren Fehler sind nur bei einem kleinen Teile der Operationen vorhanden und werden mehrfach um 50% und mehr überschritten. Nach dem Anschlussergebnis kann man nun erwarten, dass der ganze 2100 *km* lange Parallelbogen zwischen Valentia in Irland und Czenstochau bis auf einen mittleren Fehler von $+ {}^{1}/_{900\,000}$ seiner Länge aus den geodätischen Messungen hervorgeht."

„Bei dieser Sachlage," bemerkt Prof. Helmert, „gewinnt die Vergleichung der Toisen von Bessel und Nr. 9 (der Landesaufnahme gehörig) mit dem Urmeter, welche zur Zeit im Internationalen Mass- und Gewichtsbureau bewirkt wird, noch mehr an Bedeutung. Nach den in vorläufiger Mitteilung des Direktors Benoît gegebenen Zahlen muss der Reduktionsfaktor von Toisenmass in Metermass um ${}^{1}/_{75000}$ des bisher in Deutschland benutzten sogenannten legalen Verhältnisses 443.296 : 864 vergrössert werden, nahezu übereinstimmend mit der nach Comstock erforderlichen Vergrösserung des Reduktionsfaktors für englische Fuss auf Meter um ${}^{1}/_{68000}$. Diese Verbesserungen finden eine schöne Bestätigung aus dem Anschluss der englischen und belgischen Dreieckskette an die Neumessung des grossen französischen Meridianbogens mit Benutzung einer neuen Basismessung bei Paris von 1890, nach einer kürzlich erschienenen Mitteilung in den Comptes rendus der Sitzungen der Pariser Akademie von General Derrécagaix."

Die Abweichung des Geoids vom Normalsphäroide der Erde. Nach dem Vorgange von Listing bezeichnet man die Erdoberfläche, wie sie durch die Fläche des ruhenden, nur der Schwerkraft unterworfenen Meeres bestimmt wird, als Geoid, im Gegensatze zur wirklichen, physischen Erdoberfläche. Das Geoid weicht wie alle Niveauflächen in der Nähe der physischen Erdoberfläche nur wenig in seiner Form von einer Kugel ab. Noch geringer sind die Abweichungen desselben von einem Rotationsellipsoide, dessen kleine Axe mit der Rotationsaxe der Erde zusammenfällt. Dieselben bestehen hauptsächlich in geringen, stetigen Ein- und Ausbiegungen des Geoids gegen das Ellipsoid. Deshalb ist die Geoidfläche, wie zuerst Bruns gezeigt hat, nicht durch einen einzigen analytischen Ausdruck darstellbar, da jene kleinen Erhebungen und Senkungen ebenso vielen, analytisch verschiedenen Flächen angehören. Sieht man jedoch von diesen Ein- und Ausbiegungen des Geoids ab, so erhält man eine dem Geoid sich möglichst ausschliessende, aber von Verbiegungen freie Oberfläche, das sogenannte Niveau- oder Normalsphäroid. Die Dimensionen und die Gestalt desselben sind auf Grund der vorhandenen Beobachtungen (astronomische Angaben, Gradmessungen, Schwere, resp. Pendelbeobachtungen) mit hinreichender Genauigkeit bestimmt worden. Das Normalsphäroid ist eine Rotationsfläche, und zwar eine algebraische Fläche 14. Ordnung, deren Ab-

weichungen von einem Rotationsellipsoide so gering sind, dass seine Form geradezu als Rotationsellipsoid bezeichnet werden kann.

Da es praktisch nicht möglich ist, die Gestalt der Geoidfläche in ihren einzelnen Teilen zu bestimmen, so hat man versucht, dadurch zum Ziele zu gelangen, dass man die Thatsache benutzt, dass das Geoid sehr nahe mit dem Rotationsellipsoide übereinstimmt, dessen Dimensionen mit hinreichender Genauigkeit bekannt sind. „Nimmt man an", bemerkt Dr. Hergesell in seiner weiter unten angeführten Untersuchung, „dass das Geoid mit dem Normalsphäroide (auch Referenzellipsoid genannt) genau übereinstimmt, und setzt bei letzterem eine gewisse ideelle Massenlagerung voraus, so kann man für jeden Punkt desselben die Schwerkraft, welche unter den beiden gemachten Voraussetzungen nach einem einfachen Gesetze sich ändert der Grösse und Richtung nach berechnen. Wegen der Abweichungen des Geoids vom Normalsphäroide wird nun die in einem Punkte thatsächlich vorhandene Schwerkraft von der berechneten, welche man, als zum Normalsphäroide gehörig, die normale nennt, sowohl der Grösse als der Richtung nach verschieden sein. Demnach werden Abweichungen des Geoids sich durch Schwerestörungen und durch Lotabweichungen bemerkbar machen. Die Erhebungen und Senkungen des Geoids sind entweder lokaler oder regionaler Natur. Lokal ist eine Abweichung, wenn sie in demselben Sinne, also als Hebung oder als Senkung nur für ein kleines Flächenstück des Sphäroids eintritt, als eine Folge lokaler Massenunregelmässigkeiten, regional dagegen, wenn sich die Abweichung des Geoids mit nämlichem Sinne über eine grössere Fläche erstreckt, während die Tiefe oder Höhe einer solchen regionalen Abweichung nicht grösser zu sein braucht, als bei einer lokalen. Ebenso hat man bei den Schwerestörungen und Lotablenkungen lokale und regionale zu unterscheiden. Zu regionalen Abweichungen des Geoids werden auch regionale Schwerestörungen, und welche in diesem Falle für ein grösseres Gebiet in einem bestimmten Sinne stattfinden werden, ohne deshalb von besonderer Grösse sein zu müssen. Was die bis jetzt beobachteten Lotabweichungen betrifft, so zeigen dieselben zunächst, dass die Geoidfläche zwar verhältnismässig schnelle Änderungen ihrer Krümmung erleidet, dass aber nirgends ein Krümmungswechsel stattfindet, und dass ein solcher auch an keiner Stelle zu erwarten ist. Die Erhebungen und Senkungen des Geoids sind daher nicht mit den Bergen und Thälern der physischen Erdoberfläche zu vergleichen; das Geoid besitzt vielmehr eine nach dem Erdinnern zu stets konkave Krümmung; einer Senkung entspricht also nur eine geringere, einer Hebung eine stärkere Krümmung. Die Lotablenkungen kann man nun zur Konstruktion der Abweichungen des Geoids vom Sphäroid benutzen, sowohl um die regionalen als auch, wenn

die Beobachtungen dicht genug sind, die lokalen Abweichungen kennen zu lernen. Diesen Weg hat Helmert in mustergiltiger Weise eingeschlagen. Die äusserst interessanten Resultate seiner Arbeit finden sich in den „Verhandlungen der Konferenz der permanenten Kommission der internationalen Erdmessung, 1888 und 1889", daselbst ist der Verlauf des Geoids im Meridiane des Brockens vom 51. bis 47. Breitengrade dargestellt. Die durchschnittlich sehr geringe Erhebung über das Sphäroid beträgt südlich vom Brocken 6 Meter, steigt dann in der Nähe der Alpen, um am Lanserkopf eine Höhe von nahezu 10 Metern zu erreichen. Dies ist bis jetzt die einzige Stelle der Erdoberfläche, für welche das Geoid konstruiert worden ist. Über die Grösse der etwa noch vorhandenen Abweichungen sind bis jetzt nur Vermutungen ausgesprochen. Helmert lässt einen durchschnittlichen Maximalabstand von 200 Metern zu, andere selbst einen solchen von 1000 Metern. Eine andere Methode endlich zur Bestimmung der Abweichungen des Geoids vom Normalsphäroide benutzt nicht die Lotablenkungen, sondern die Störungen in der Grösse der Schwerkraft. Ein von Einwürfen freies Verfahren hat in dieser Hinsicht allein G. G. Stokes schon im Jahre 1849 eingeschlagen und in seiner Abhandlung: „On the Variation of Gravity at the Surface of the Earth", eine Formel abgeleitet, welche gestattet, die regionalen (nicht die lokalen) Abweichungen des Geoids aus den Störungen der Schwerkraft zu berechnen. Da aber diese Formel zu ihrer Anwendung die Kenntnis der Schwerkraft auf der ganzen Erdoberfläche voraussetzt, so hat sie bis jetzt keine Anwendung finden können, und ebensowenig hat man sie behufs etwaiger Verwendung oder Umformung näher untersucht. Auch Helmert leitet sie ab und spricht die Hoffnung aus, dass sie in nicht allzu ferner Zeit für einzelne günstig gelegene Orte wird angewendet werden können.

In seiner Inaugural-Dissertation[1]) giebt nun Dr. Hergesell eine nähere Untersuchung der Stokes'schen Formel nach jener Richtung hin, indem er dieselbe entwickelt und ihr eine andere Gestalt giebt, in welcher sie erkennen lässt, wo grössere Abweichungen des Geoids, und in welchem Sinne solche stattfinden, endlich, dass die wahrscheinlichen Ursachen dieser Abweichungen Massendefekte, resp. Massenanhäufungen sind. Eine wirkliche Berechnung der Abweichungen des Geoids vom Sphäroide mit Hilfe der Stokes'schen Formel für irgend einen Punkt der Erdoberfläche ist aber bis jetzt und auch in absehbarer Zeit nicht möglich. Dagegen lehrt sie jetzt schon, „dass auf den Kontinenten, selbst dort, wo ihnen gewaltige Kettengebirge aufgelagert

[1]) Über die Formel von G. G. Stokes zur Berechnung regionaler Abweichungen des Geoids vom Normalsphäroide. Strassburg 1891.

sind, z. B. in der Nähe des Himalaya und der Alpen, keine oder nur äusserst geringe Erhebungen des Geoids stattfinden, und bestätigt dadurch nicht nur die schon früher von Pratt vermuteten Massendefekte unter hohen Gebirgen, sondern auch die Annahme Helmert's, dass die Wirkung der Kontinentalmassen mehr oder weniger kompensiert wird durch eine Verminderung der Dichtigkeit der Erdkruste unterhalb der Kontinentalmassen. Die Formel zeigt ferner, dass eine umgekehrte Kompensation unter dem Meere stattfindet, d. h. dass die geringe Dichtigkeit der Ozeane kompensiert wird durch eine dementsprechend grössere Dichtigkeit der Erdkruste unter dem Meeresboden. Die Annahme Helmert's, dass von einer gewissen Tiefe an bis zur physischen Erdoberfläche vertikale Prismen von gleichem Querschnitte annähernd gleiche Massen enthalten, wo man die Prismen auch annehmen möge," wird demnach ebenfalls durch unsere Formel bestätigt. Dass diese Kompensation keine vollständige sein wird, sondern nur als eine im grossen und ganzen stattfindende betrachtet werden muss, kann man aus den vorhandenen Beobachtungen insofern schliessen, als nach denselben die Maximalabweichungen des Geoids eine Grösse von 250 *m* erreichen können. Diese Maximalabweichungen werden aber nur an vereinzelten Stellen der Erdoberfläche auftreten, alle übrigen Abweichungen werden von weit geringerem Betrage sein, so dass das eben ausgesprochene Kompensationsgesetz im grossen und ganzen mit Ausnahme weniger Stellen wohl für die gesamte Erdoberfläche Gültigkeit besitzt. „Man kann aus der geringen Grösse der Geoidabweichungen wohl weiter folgern, dass, wie im Erdinnern die Massen hinsichtlich ihrer Dichtigkeit auch verteilt sein mögen, grössere Abweichungen von einer gewissen ausgleichenden Anordnung nicht vorhanden sein werden, oder, anders ausgedrückt, dass, falls solche Unregelmässigkeiten in der Massenanordnung existieren, dieselben so verteilt sind, dass sie sich in ihrer Wirkung nach aussen hin zum grössten Teile gegenseitig aufheben. Indem wir mit Hilfe der Formel für die Maximalabweichungen des Goids den geringen Betrag von 250 *m* erhalten, werden dadurch jetzt wohl endgültig die Ansichten von Erhebungen und Depressionen desselben zu dem Betrage von 1000 *m*, wie sie namentlich seit Ph. Fischer allgemein sich verbreitet haben, widerlegt sein. Indem durch solche Überschätzungen der Geoidabweichungen sich notwendiger Weise der Wert der Gradmessungen zur Bestimmung der allgemeinen Gestalt und Grösse der Erde verringern musste, ist derselbe durch das erwähnte Kompensationsgesetz, sowie durch die geringe Grösse der Maximalabweichungen, wie dies auch schon von Helmert gefolgert wurde, annähernd auf die alte Höhe gehoben worden. Schon früher hatte Faye, um die Pendelanomalien auf den kleinen Inseln im

Digitized by Google

offenen Meere zu erklären, behauptet, aber ohne diese Behauptung durch die Rechnung zu bestätigen, dass unter den Oceanen eine bedeutende Verdickung der Erdkruste und eine Vergrösserung ihrer Dichtigkeit stattfinden müsse. Zu dieser Erklärung führten ihn die folgenden Erwägungen. Man denke sich in einer Tiefe von $1^1/_2$ Meile eine Kugelfläche so wird durch jede Flächeneinheit derselben in einer bestimmten Zeit infolge der hohen Temperatur des Erdinnern eine bestimmte Wärmemenge von innen nach aussen hindurch gehen. Unter den Kontinenten befindet sich aber über der erwähnten Kugelfläche eine Schicht fester Erdkruste von geringer Wärmeleitungsfähigkeit, so dass hier die Abkühlung verhältnismässig langsam erfolgen wird. Anders ist dies unter den Ozeanen. Dort ist die Schicht der die Wärme schlecht leitenden festen Erdrinde nur dünn, die Wärmemenge erreicht bald das stets sehr kalte Wasser auf dem Boden der Ozeane, von wo sie durch die entstehenden Konvektionsströme schnell weitergeführt wird. Hier muss also die Abkühlung schneller erfolgen, als unter den Kontinenten, und wird die oben erwähnte Vergrösserung der Dicke und Dichtigkeit der Erdkruste zur Folge haben. Die interessanten Schlussfolgerungen, welche Faye aus der verschieden schnell fortschreitenden Abkühlung unter dem Festlande und dem Meere zur Erklärung der Entstehung der Kontinente und Kettengebirge zieht, mögen, wenn auch ausserhalb des Rahmens unserer Arbeit liegend, doch noch kurz erwähnt werden. Dadurch, sagt Faye, dass die Dichtigkeit und Dicke der Erdrinde unter dem Meere verhältnismässig gross ist, muss ein um so grösserer Druck auf das Erdinnere ausgeübt werden, welcher sich im flüssigen Kerne nach allen Richtungen hin fortpflanzt. Durch diesen Druck werden dann die schwächeren Teile der Erdkruste, die eine geringere Widerstandsfähigkeit besitzen, emporgehoben werden, und auf diese Weise die Schollen der Kontinente entstehen Das unter diesem Drucke stehende flüssige Magma wird ferner in die ersten entstehenden Bruchlinien eindringen, in denselben in die Höhe steigen und auf diese Weise, falls es die Erdoberfläche erreicht, zur Bildung der Zentralmassive der grossen Kettengebirge Anlass geben. Die Kettengebirge sind also nach ihm nicht allein durch horizontal wirkende Kräfte, durch Faltung, sondern auch, und zwar die zentralen Teile derselben, durch vertikal nach oben wirkende Kräfte, durch Hebung, entstanden. Zur weiteren Bekräftigung seiner Erklärung zieht schliesslich Faye noch den Mond heran, welcher keine grossen Meere besitzt und demgemäss auch nicht dem geschilderten Abkühlungsmodus unterworfen sein kann. Daher muss dessen Oberfläche, wie dies auch der Fall ist, eine ganz andere äussere Struktur (z. B. keine Kettengebirge) besitzen, als sie die feste Erdkruste zeigt.

Digitized by Google

Die Beschaffenheit des Erdinnern ist von Osmond Fisher wiederum erörtert worden [1]). Neues Material bringt er nicht bei, behandelt indessen die bekannten Thatsachen von neuen Gesichtspunkten aus Fisher kommt zu dem Ergebnisse, dass das Erdinnere flüssig und nur von einer dünnen, festen Rinde umgeben sei. Diese Rinde könne aber nicht, wie man erwarten sollte, periodische Schwankungen wie Ebbe und Flut zeigen, da das flüssige Erdinnere bedeutende Mengen von Gasen aus Wasserdampf absorbiert enthalte. Daneben müssten in dem flüssigen Innern auf- und niedersteigende Strömungen stattfinden, welche durch den Wärmetransport aus dem Innern die zunehmende Erstarrung der äusseren Rinde sehr verlangsamen Die säkulare Abkühlung der Erdoberfläche könnte ferner, wenn der ganze Erdball erkaltet wäre, keine tangentiale Zusammenziehung verursacht haben, die ausreichte, um die heutige Gebirgsbildung zu erklären, aber ebensowenig kann dies nach Fisher der Fall sein, wenn ein flüssiger Kern existiert. Die Erdkruste schwimmt nach seiner Ansicht gewissermassen auf dem letzteren, und die tangentiale Zusammendrückung veranlasst ein Übereinanderschieben einzelner Teile der Kruste, wodurch die Gebirge entstanden sind. Letztere tauchen also auch tiefer in das flüssige Erdinnere ein als die ebenen Flächen. Fisher findet dies durch Beobachtungen über Lotablenkungen und Schweremessungen bestätigt. Die (weiter unten erwähnten) Untersuchungen von Prof. Helmert konnten ihm freilich noch nicht bekannt sein. Die feste Rinde unter den Ozeanen der Erde reicht nach Fisher tiefer hinab und ist auch dichter als die Festlandrinde, umgekehrt aber soll das flüssige Erdinnere unter den Ozeanen weniger dicht sein als dasjenige unter den Kontinenten. Aus diesen Verhältnissen resultieren nach Fisher horizontal vom Meere gegen die Festländer gerichtete Strömungen, welche die auf die Kontinente beschränkten Zusammenschiebungen der Erdrinde verursachen sollen. Der Vulkanismus wird ähnlich wie in der Humboldt-Buch'schen Zeit durch Emporsteigen des mit hochgespannten Gasen durchtränkten Magmas in Verwerfungsspalten erklärt. Im Anschlusse an eine Hypothese des Mathematikers Darwin glaubt Fisher, dass der Mond sich erst von der Erde abgetrennt habe, als letztere bereits mit einer festen Rinde umgeben war, und dass die zurückbleibenden Bruchstücke der letzteren die heutigen Kontinente, und die auf dem zu Tage getretenen flüssigen Kerne sich bildende neue Rinde den Boden der Ozeane bildete. Im allgemeinen ist die Arbeit von Fisher viel zu sehr von Hypothesen durchzogen und auf solche begründet, um als dauernde Erweiterung unseres Wissens von dem Urzustande und der Beschaffenheit der inneren Schichten der Erde bezeichnet werden zu können.

[1]) Physics of the Earth's const. 2. Edit. London u. New-York 1889.

Die Veränderlichkeit der Polhöhe, über welche im 1. Bande dieses Jahrbuchs [1]) berichtet worden, ist seitdem Gegenstand weiterer Beobachtungen und Untersuchungen gewesen. Nach den Zusammenstellungen von Dr. Albrecht [2]) ist es höchstwahrscheinlich, dass eine Schwankung von etwa 0.5″ in jährlicher Periode stattfindet Derselbe giebt folgende Übersicht der bezüglichen Beobachtungen:

	Berlin.		Potsdam.		Prag.	
		52° 30′		52° 22′		50° 5′
Max. 1889...	Sept. 6	17″.55	Juli 23	56″.49	Aug. 1	16″.02
Min. 1890...	Feb. 16	17 .05	Feb. 4	55 .97	Feb 16	15 .53
Max. 1890...	Sept. 2	17 .53	....		Sept. 9	16 .07
Min. 1891...	März 16	17 .03	....		Feb. 27	15 .65

Herr Gaillot hat aus den Beobachtungen von 1856—61 auch für das Pariser Observatorium eine kleine Polhöhenschwankung gefunden. Als Ursachen derselben sind nach seiner Ansicht nur folgende beiden Möglichkeiten zulässig:

1. Die Rotationsaxe der Erde verändert ihre Lage derart, dass der Pol um seine mittlere Lage einen kleinen Kreis beschreibt, dessen Halbmesser etwa 0.25″ oder in linearem Masse 7 bis 8 *m* beträgt. Wenn diese Hypothese richtig ist, so muss die Grösse der Veränderung der Breite an allen Orten die gleiche sein, aber die Epochen der Maxima und Minima werden sich gemäss der geographischen Länge verschieben, und wenn an einem Orte die geographische Breite um 0.25″ zuviel, so muss sie an demjenigen, welcher 180° davon entfernt ist, um ebensoviel verringert erscheinen.

2. Die periodische Veränderung der Breite hängt von der Refraktion ab. Wenn diese Hypothese richtig ist, so müssten die Maxima und Minima der Schwankung statt progressiv sich mit der geographischen Breite zu verschieben, vielmehr für alle Orte unter der gleichen Breite gleich sein.

Die Beobachtungen sind noch zu wenig zahlreich, um zwischen diesen Hypothesen zu entscheiden, doch scheint es, als wenn die letztgenannte nicht wahrscheinlich ist. Die Untersuchungen von F. Küstner [3]) zeigen nämlich für Berlin eine plötzliche, verhältnismässig sehr starke Abnahme der Breite in der Zeit vom Herbst 1884 bis Frühling 1885, nämlich —0.44″. Es ist nun sehr wichtig, dass sich dieser grosse Sprung in der Reihe der zur selbigen Zeit zu Pulkowa angestellten Beobachtungen des Polarsternes ebenfalls zeigt. Dort beträgt er 0.33″. Die Übereinstimmung ist eine grosse, besonders wenn man den

[1]) Klein, Jahrbuch, 1. p. 91.
[2]) Astron. Nachr. No. 3055.
[3]) Astr. Nachr. Nr. 2993.

Digitized by Google

Längenunterschied von 1.1^h beider Sternwarten berücksichtigt, wodurch ja bei einer Lagenänderung der Drehungsaxe der Erde eine kleine Verschiebung der Maxima eintreten muss.

Niveauschwankungen der Ozeane sind als eine mögliche Ursache der Veränderlichkeit der Polhöhe von Dr. J. Lamp[1]) in betracht gezogen worden.

„Die tropischen Meeresströmungen," sagt er, „würden auf einer ganz mit Wasser bedeckten Erdoberfläche grosse ringförmige Bewegungssysteme rund um den Erdball herum bilden. Die Gestaltung der Festländer, die mit der geographischen Breite und der Nähe der Kontinente ihre Richtung ändernden Winde und endlich die Änderung der Bewegungsrichtung infolge der Erddrehung zwingen die Meeresströmungen, zu beiden Seiten des Äquators in jedem Ozeane je ein geschlossenes, in sich zurücklaufendes System auszumachen. Der indische Ozean kommt in der Beziehung wegen der weiten Erstreckung Asiens nach Süden hin weniger in Betracht, als der atlantische und der grosse Ozean, in denen das Gebiet der grossen, beständigen Strömungen vom Äquator bis 40° nördlicher und südlicher Breite reicht.

Diese Verhältnisse müssen mit Notwendigkeit zu nicht unerheblichen Niveaudifferenzen Anlass geben. Jedes in freier Bewegung befindliche Massenteilchen wird bei jeglichem Azimut auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links von seinem Wege abgelenkt; also muss das Profil einer Meeresströmung, soweit die Winde dies zulassen, immer von links nach rechts, bezw. von rechts nach links, in der Bewegungsrichtung gesehen, erhöht sein. Prof. Mohn hat hierfür in seiner Arbeit über die Strömungen des europäischen Nordmeeres (Petermann's Mitteil., Ergänzungsheft 79) ein lehrreiches Beispiel gegeben. Über diesem Meere, dessen Grenzen durch Norwegen, die Faröer, Island, Grönland und Spitzbergen gegeben sind, lagert ständig eine barometrische Depression, deren Mittelpunkt etwa in 68° nördl. Br. und im Meridiane von Greenwich liegt. Mohn zeigt nun, dass um diesen Punkt herum die Gewässer des sogenannten Golfstromes entgegengesetzt wie die Zeiger der Uhr kreisen, und dass von ihm aus nach den Grenzen des Nordmeeres hin folgende Niveaudifferenzen statthaben:

nach Spitzbergen	0.8^m
„ Bergen	1.3
„ den Faröern	0.5
„ Island	0.6
„ Grönland	1.4

Diese Beträge rühren zu einem kleinen Teile von der Verteilung des Salzgehaltes und der Dichtigkeit des Wassers her, hauptsächlich aber von der Verteilung des Luftdruckes und der Bewegung der Wassermassen.

[1]) Astr. Nachr. Nr. 3014.

Digitized by Google

Wenn man diesen Fall auf die Strömungssysteme anwendet und dabei bedenkt, dass erstens die Strömungen auf der Nordhalbkugel mit dem Zeiger der Uhr, auf der Südhalbkugel entgegengesetzt demselben gehen, und dass zweitens die Gebiete grösster Dichtigkeit innerhalb der Strömungssysteme liegen, so kann man nach meiner Meinung folgenden Satz aufstellen:

Die von den tropischen Meeresströmungen eingeschlossenen Gebiete decken sich im allgemeinen mit den in den Passatregionen liegenden Luftdruckmaxima, nicht nur in Hinsicht der geographischen Lage, sondern auch bezüglich der Verteilung und Lagerung der Wassermassen.

Aus diesem Satze würde folgen, dass über den von den tropischen Meeresströmungen eingeschlossenen Gebieten die Wassermassen sich allseitig vom Rande der Strömungen nach einem Punkte innerhalb des Stromkreises erheben. Diese Wasserdruckmaxima müssen sich nun mit den über ihnen gelagerten Luftdruckmaxima je nach der Jahreszeit nach Norden oder Süden verschieben, gleichzeitig aber entsprechend der Luftdruckverteilung an Masse zu-, resp. abnehmen. Das Beobachtungsmaterial bietet hierfür auch den erforderlichen Anhalt. Während im Laufe des Sommers die Sonne allmählich nach Norden wandert, verschieben sich gleichzeitig auch die Luftdruckmaxima und die Meeresströmungen allmählich in nördlicher Richtung. Diese Verschiebung beträgt z. B. für die Südkante der atlantischen Nordostpassattrift bis zu 6°, für die Nordkante der kräftigeren Südostpassattrift stellenweise über 1°. Gleichzeitig vergrössert sich die Geschwindigkeit der Südostpassatströmung und der Äquatorialgegenströmung sehr bedeutend, und ihre Richtung, besonders in der Nähe der Kontinente, wird eine nördlichere[1]). Hierdurch muss auch bewirkt werden, dass während des Sommers ein gewisses Quantum Wasser von der Südhalbkugel auf die Nordhalbkugel übertritt. Allerdings werden untere Strömungen diesen Prozess zu paralysieren suchen, doch ist es nicht wahrscheinlich, dass diese Kompensation jederzeit einen vollen Ausgleich bewirken kann. Alle diese Umstände müssen also zur Folge haben, dass auf der Nordhemisphäre im Sommer erstens sich eine grössere Wassermasse befindet als im Winter, und dass zweitens diese Wassermasse sich um einen mehr nördlich gelegenen Punkt konzentriert. Im Laufe des Winters würden diese Gebiete höchsten Wasserstandes sich allmählich nach Süden verschieben, die Wassermassen würden bis zu einem gewissen Grade abfallen, zum Teile über den Äquator auf die Südhalbkugel zurücktreten und eben daselbst ein Maximum des Wasserstandes hervorbringen.

Wenn die vorangehende Darstellung nun begründet ist, so

[1]) Vgl. Hoffmann: Zur Mechanik der Meeresströmungen p. 34, 38, 52; Handbuch der Ozeanographie von v. Boguslawski und Krummel 2.; Koldewey: Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1875.

Digitized by Google

lässt sich hieraus eine sehr ungezwungene Erklärung einer periodischen Veränderlichkeit der Polhöhen entnehmen. Eine bestimmte Änderung der Polhöhe kann bekanntlich dadurch zu stande kommen, dass eine bestimmte Masse von einem Punkte der Erde nach dem anderen transportiert wird. Diese Bedingung würde durch die dargelegte Verschiebung von Wassermassen erfüllt sein. Denn es ist klar, dass das Übergewicht an Masse, worauf es ja in dieser Frage ankommt, in dem Strömungsgebiete der Südsee liegen muss. Zählt man die Strömungsgebiete des atlantischen und des grossen Ozeans von 0° bis 40° Breite zu beiden Seiten des Äquators, so erhält man für den Raum, um welchen auf jeder Halbkugel der grosse Ozean dem atlantischen überlegen ist, eine Fläche gleich ungefähr $^1/_{20}$ der Erdoberfläche. Will man eine maximale Änderung der Polhöhe von Berlin $= + 0.5''$ oder, was dasselbe ist, einen Ausschlag der Trägheitsaxe $= 0.075''$ erklären, so erreicht man sein Ziel schon durch die Annahme, dass eine Wassermasse = 2500 *cbm* längs einem Meridiane, der um 180° vom Berliner Meridiane verschieden ist, von 30° südl. Breite nach 35° nördl. Breite wandert. Hierbei ist vorausgesetzt, dass bei Beginn der Verschiebung Trägheitspol und Rotationspol zusammenfielen; anderenfalls würde ein geringerer Ausschlag der Trägheitsaxe und also eine geringere Masse genügen. Der genannte Meridian geht durch die Südsee, und in ihn fallen in den angegebenen Breiten ungefähr die Punkte der grössten Konzentration der ozeanischen Wassermassen. Rechnet man also mit $^1/_{20}$ der Erdoberfläche, so haben wir die mittlere Erhöhung des Wasserstandes, welche zur Aufbringung einer Wassermasse von 2500 *cbm* erforderlich, gleich 0.1 *m* zu setzen. Wahrscheinlich sind die Konzentrationsflächen kleiner, vielleicht nur halb so gross wie angenommen, und ausserdem wird ein grosser Teil der Wirkung durch die Verschiebung der Konzentrationsflächen nach Norden oder Süden hin erzielt werden. Das würde einerseits bedingen, dass das von einer Halbkugel auf die andere übertretende Wasserquantum bedeutend geringer zu sein braucht, als in der obigen Rechnung angenommen ist, andererseits würde die Höhe des Wasserstandes grösser anzunehmen sein. Diese Annahme würde besonders für den Konzentrationspunkt, um welchen sich die Wassermassen in abnehmender Höhe gruppieren, gelten müssen. Jedoch kann das keine Bedenken erregen, wenn man die Exaktheit der Mohn'schen Untersuchungen anerkennt.

Inwiefern Verschiebungen von Luftmassen, auf welche Tisserand hindeutet, und verschiedene andere meteorologische Prozesse, die schon früher im Zusammenhange von Helmert diskutiert sind, Einfluss auf die Verschiebung des Trägheitspoles haben können, will ich hier nicht näher berühren; doch meine ich, dass die dargelegte Verschiebung von Wassermassen auf die Veränderlichkeit der Polhöhe den grössten Einfluss haben muss."

Digitized by Google

Die periodischen Änderungen der Lage der Erddrehungsaxe und der ganze Stand dieser Frage ist in sehr klarer und gründlicher Weise von Prof. Förster dargelegt worden[1].

„Euler stellte zuerst fest, dass die Axe der freien Drehung eines Massensystems um seinen Schwerpunkt nur so lange innerhalb dieses Systems selber eine feste Lage haben könne, als sie mit einer der drei durch den Schwerpunkt gehenden sogenannten Hauptträgheitsaxen desselben zusammenfalle. Eine dieser drei Hauptträgheitsaxen ist diejenige durch den Schwerpunkt gehende gerade Linie, in bezug auf welche die Summen der Trägheitsmomente, d. h. der Produkte, die für jedes Teilchen aus seiner Masse und dem Quadrate seines kürzesten Abstandes von jener Linie gebildet werden, ein Maximum ist; für eine zweite der Hauptträgheitsaxen, die zu der ersteren rechtwinkelig steht, ist die Summe der Trägheitsmomente ein Minimum, und die dritte ist durch die rechtwinkelige Lage zu der durch die beiden anderen gehenden Ebene bestimmt. Euler bewies sodann, dass Stabilität der Lage der Drehungsaxe im Massensysteme nur dann stattfindet, wenn sie mit einer der beiden erstgenannten Hauptträgheitsaxen nahe zusammenfällt, und dass, wenn diese Übereinstimmung nicht vollkommen ist, eine konische Bewegung der Drehungsaxe um die bezügliche benachbarte Hauptträgheitsaxe stattfindet. Nur in bezug auf die oben an dritter Stelle erwähnte Hauptträgheitsaxe ist das Verhalten der Drehungsaxe ein anderes und nicht mehr stabiles, wie überhaupt in denjenigen Fällen, in welchen es sich um die freie Drehung eines gleichmässig dichten Massensystems von vollkommener Kugelgestalt handelt. In diesem Falle ist jeder Durchmesser der Kugel eine Hauptträgheitsaxe. Jede Lage einer durch den Schwerpunkt gehenden Drehungsaxe ist also an sich beständig, aber jede kleinste Störung der Gleichmässigkeit der Massenverteilung kann beliebig grosse Lagenänderungen der Drehungsaxe hervorrufen. Da nun offenbar die Lage der Drehungsaxe im Erdkörper, bei welchem Gestalt und Massenverteilung erheblich von derjenigen einer homogenen Kugel abweichen, erfahrungsgemäss einen hohen Grad von Beständigkeit hat oder wenigstens erlangt hat, so war die Annahme gerechtfertigt, dass diese Drehungsaxe zur Zeit sehr nahe mit einer der beiden erstgenannten Hauptträgheitsaxen der Erde zusammenfalle, und zwar, in betracht der damals bereits wahrscheinlich gemachten Abplattung an den Polen, mit derjenigen Hauptträgheitsaxe, in bezug auf welche die Summe der Trägheitsmomente des Erdkörpers ein Maximum ist. Die nahe Übereinstimmung der Lage dieser Axe mit der Drehungsaxe konnte indessen schwerlich eine zufällige sein, vielmehr war es höchst wahrscheinlich, dass die Drehung selber in den Anfangszuständen der Erde und durch alle diejenigen Entwickelungen hindurch, in denen ihre Masse hinreichend plastisch oder formbar blieb, sich die entsprechende Gestaltung und Massenverbreitung so zugeordnet und angepasst habe, dass jene Trägheitsaxe mit der Drehungsaxe in Übereinstimmung kam und andauernd blieb. Wenn nun aber mit der fortschreitenden Erstarrung der Erdkruste jene Formbarkeit abnahm und durch die mannigfaltigen, von der Geologie erforschten Prozesse der Faltung, Hebung und Senkung grosser Flächenstücke der Erdrinde, ferner durch das Hervordringen von Massen aus dem Innern, sowie durch die entstehenden Unregelmässigkeiten der Verteilung des Festen und Flüssigen jene durch die Drehung selber herbeigeführte Symmetrie der Massenverteilung mehr oder minder ausgedehnte und unregelmässige Abänderungen, wenn auch vielleicht nur zeitweise, erfuhr, so war es sehr wohl denkbar, dass wenigstens zeitweise die Übereinstimmung der Lage der Drehungsaxe und der bezüglichen Hauptträgheitsaxe gestört wurde. (Wir wollen die letztere Axe, in bezug auf welche bei der Erde

[1]) Verhandl. der Ges. f. Erdkunde zu Berlin. 1891. Nr. 2.

die Summe der Trägheitsmomente ein Maximum ist, im folgenden der Kürze halber die Hauptaxe nennen.) Nach Euler's Theorie musste nun infolge einer solchen Störung die bereits oben erwähnte konische Bewegung der Drehungsaxe um die Hauptaxe eintreten, und zwar mit einer Periodendauer, für welche späterhin, auf Grund von genaueren Bestimmungen der Gestaltverhältnisse der Erde und der Verhältnisse ihrer Hauptträgheitsmomente, durch die Theorie der Betrag von nahezu zehn Monaten festgesetzt wurde. Bis gegen das Jahr 1820 wurden jedoch keine hinreichend stetigen und genauen Beobachtungsreihen angestellt, welche ausdrücklich auf eine Bestätigung oder Widerlegung des Vorhandenseins einer solchen periodischen Lagenänderung der Drehungsaxe im Erdkörper gerichtet gewesen wären. Anderweitige sorgfältige Messungen am Himmel, bei denen man fortfuhr, die Lage der Drehungsaxe im Erdkörper als fest anzunehmen, hatten jedoch schon durch die innere Übereinstimmung ihrer Ergebnisse gezeigt, dass, wenn eine Bewegung derselben im Erdkörper überhaupt vorhanden war, dieselbe zur Zeit eine Sekunde nicht wohl übersteigen konnte. Im Fortgange der theoretischen Untersuchungen über die Störungen der freien Drehungsbewegung wurden sodann die Unterscheidungen zwischen den verschiedenartigen Erscheinungsformen äusserer und innerer Störungen der Drehung oder, genauer gesagt, zwischen den Wirkungen störender Anziehungen durch ausserhalb des sich drehenden Systems befindliche Massen einerseits und andererseits den Wirkungen von Veränderungen der Masse und Massenverteilung innerhalb dieses Systems immer lichtvoller festgestellt. Bei Störungen ersterer Art findet die hauptsächliche Lagenänderung der Drehungsaxe im Raume und die geringen innerhalb des in Drehung begriffenen Körpers selber statt. Mit der Kegelfläche letzterer Art, welche die Axe im Körper beschreibt, rollt dieselbe gewissermassen auf der ausgedehnteren Kegelfläche, welche sie im Raume beschreibt, und wenn jene Störungen im Vergleiche zu der Bewegungsgrösse des in Drehung begriffenen Massensystems selber sehr klein sind, wie es bei unserer Erde hinsichtlich der störenden Teile der Anziehungswirkungen des Mondes und der Sonne der Fall ist, so ist die von der Drehungsaxe im Körper beschriebene Bewegung so geringfügig, dass sie mit unseren feinsten Messungsmitteln nicht wahrgenommen werden kann. Denn infolge jener äusseren Störungen beschreiben die Pole der Drehungsaxe der Erde, obwohl dieselben im Raume, also am Sternenhimmel, die enorme Lagenänderung innerhalb des platonischen Weltjahres erfahren, an der Oberfläche der Erde nur kleine Kreise von etwa 28 *cm* Halbmesser (d. h. Winkelbewegungen von 0,009 Sekunden Spannweite), so dass man fast im strengen Sinne sagen kann: die Lage der Drehungsaxe im Erdkörper wird von jenen Lagenänderungen im Raume nicht beeinflusst. Ganz entgegengesetzt wirken aber Änderungen der Masse und Massenverteilung innerhalb des in Drehung begriffenen Systemes. Hierbei sind die Lagenänderungen, welche die Drehungsaxe im Körper erfährt, überwiegend, dagegen nebensächlich diejenigen im Raume und infolge der Besonderheiten des Problems der Erddrehung (nämlich infolge der Kleinheit der anzunehmenden Veränderungen der Massenverteilung im Vergleiche zu der unveränderlichen Hauptmasse) ist auch hier die Nebenerscheinung, nämlich in diesem Falle die Lagenänderung der Drehungsaxe im Raume, verschwindend klein. Man kann daher fast streng sagen: Bei Drehungsstörungen der Erde durch Veränderungen der Verteilung der an der Drehung teilnehmenden Massen wird die Lage der Drehungsaxe im Raume durch ihre Lagenänderungen im Körper nicht merklich beeinflusst. Die sehr genaue und erschöpfende Darstellbarkeit der am Sternenhimmel beobachteten Lagenänderungen der Drehungsaxe im Raume durch die blossen Wirkungen der Mond- und Sonnenanziehung konnte also keinen Einwurf gegen das Vorhandensein von merklichen Bewegungen jener Axe im Erdkörper bilden, denn Bewegungen letzterer Art konnten eben am Himmel nicht merklich werden, weil sich bei ihnen die Lage der Drehungsaxe im Raume beständig

erhalten musste. Es blieb also nun die Aufgabe, mit allen geeigneten Messungsmitteln und Methoden selbständige Untersuchungen über den Beständigkeitsgrad der Lage der Drehungsaxe im Erdkörper anzustellen. Bewegungen dieser Art müssten sich durch Veränderungen der geographischen Breite und der geographischen Längenunterschiede von solchen Beobachtungsorten verraten, an denen die Unveränderlichkeit der Lage der Lotrichtungen hinreichend gesichert erscheint, ausserdem auch durch Veränderungen der Winkel zwischen festen Richtungen an der Erdoberfläche und der Richtung der Meridianebene des Beobachtungsortes, da diese Ebene durch die Lotrichtung und durch eine zur jeweiligen Lage der Drehungsaxe der Erde parallele Richtung bestimmt wird. Veränderungen der Lotrichtung sind aber unter gewissen Umständen wirklich vorhanden. Im ganzen und grossen aber wird die Ermittelung der Lagenänderungen der Drehungsaxe von den gleichzeitigen, entweder lokalen oder mehr systematischen, über grössere Teile der Erdoberfläche sich erstreckenden Lagenänderungen der Lotrichtungen dadurch zu trennen sein, dass man gleichzeitig entsprechende Messungen an einer grösseren Zahl von Beobachtungsorten anstellt, welche rings um die Erde zweckmässig verteilt sind. Der erste Astronom, welcher etwas systematischere Ausschau nach Spuren von periodischen Lagenänderungen der Drehungsaxe im Erdkörper hielt, war Bessel. Aus Beobachtungen, die in den Jahren 1820—21 zu Königsberg über die Lage der Meridianebene gegen eine feste, durch Meridianzeichen bestimmte Richtung angestellt worden waren, zog er den Schluss, dass eine etwaige Abweichung der Drehungsaxe der Erde von der Hauptaxe eine Viertelsekunde nicht wohl übersteigen könne. Bessel hat auch kurz vorher (1818) eine Untersuchung über den Einfluss von Veränderungen des Erdkörpers auf die geographischen Breiten veröffentlicht, in welcher er nachwies, dass zur Hervorbringung von Lagenänderungen der Hauptaxe im Betrage von einer Sekunde Ortsveränderungen von so enormen Massen notwendig seien, dass wenigstens alles, was die Kräfte der Menschen auf der Erde verändern können, in dieser Beziehung unbedeutend sei. Die Grösse der natürlichen Massentransporte, von denen sofort die Rede sein wird, zog er hierbei nicht in Erwägung, ebenso wenig die Frage, ob nicht schon Lagenänderungen der Hauptaxe im Betrage von wenigen Hunderteln der Sekunde merklich werden könnten, insbesondere dadurch, dass sie die Ursache zu ansehnlich grösseren Lagenänderungen der Drehungsaxe werden. Bald nach dem Jahre 1840 begannen sodann auf der Sternwarte zu Pulkowa bei St. Petersburg die bis zur Gegenwart fortgesetzten ausgezeichneten Messungsreihen am Himmel, welche sich neben anderen Zielen auch die Untersuchung der Veränderlichkeit der geographischen Breite durch etwaige Lagenänderungen der Drehungsaxe im Erdkörper zur Aufgabe stellten. Die Namen der Astronomen Peters, Gyldén und Nyrén sind mit diesen schönen Arbeiten der Sternwarte zu Pulkowa verknüpft. Ähnliche Untersuchungen wurden weiterhin auch von Maxwell mit Hilfe der Beobachtungen der Sternwarte zu Greenwich und von Newcomb auf Grund von Beobachtungen der Sternwarte zu Washington ausgeführt. Bei allen diesen Arbeiten legte man aber ausschliesslich die Euler'sche oder zehnmonatliche Periode zu Grunde, indem man lediglich die Frage stellte, ob zwischen der Lage der Hauptaxe und der Lage der Drehungsaxe der Erde zur Zeit eine vielleicht allmählich entstandene, aber nunmehr nahezu beständige Abweichung von merklichem Betrage vorhanden sei. Nur unter der Voraussetzung der hinreichenden Beständigkeit einer solchen Abweichung konnte ja die von Euler ausgesagte regelmässige periodische Bewegung der Drehungsaxe um die Hauptaxe in der Umlaufszeit von zehn Monaten verwirklicht sein. Fanden dagegen infolge von fortgehenden regelmässigen oder unregelmässigen Veränderungen der Massenverteilung im Erdkörper, mit welchen die oben erwähnte Untersuchung von Bessel sich schon beschäftigt hatte, noch unablässige Lagenänderungen der Hauptaxe statt, und zwar von ähnlicher Grösse, wie die

möglicher Weise im Verlaufe der Zeit eingetretene beständigere Abweichung dieser Axe von einer früheren Lage, in welcher sie sich mit der Drehungsaxe vorübergehend in Übereinstimmung befunden hatte, so musste auch die Veränderlichkeit der geographischen Breiten sich ganz anders gestalten, als nach dem einfachen Euler'schen Schema in der zehnmonatlichen Periode. Der erste, welcher mit vollkommener Klarheit auf diesen Mangel der hypothetischen Voraussetzungen bei jenen sorgfältigen Untersuchungen über die Schwankungen der geographischen Breiten hinwies und es erklärlich machte, dass dieselben keine deutlichen und untereinander übereinstimmenden Ergebnisse, sondern nur Spuren der vermuteten Erscheinung hatten liefern können, war Sir William Thomson. In seiner Ansprache an die British Association (Glasgow 1876) wies er darauf hin, dass es noch unablässig fortgehende Veränderungen der Massenverteilungen auf der Erde gebe, welche notwendig erhebliche Abweichungen von dem bis dahin angenommenen einfachen Verlaufe der etwaigen Lagenänderungen der Drehungsaxe im Erdkörper hervorbringen müssten. Er wies dabei hauptsächlich auf die fortgehenden, mehr oder minder regelmässig periodischen Veränderungen der Verteilung des Wassers auf der Erde hin, insbesondere auf die Veränderungen der Lage der grossen Luft- und Meeresströmungen, auf die Verdunstung des Wassers in den niederen Breiten und auf die Ablagerung dieser verdunsteten Wassermassen als Eis und Schnee in den höheren Breiten, und auf den ganzen, den Jahreszeiten folgenden Kreislauf aller dieser mächtigen Erscheinungen. Sir William Thomson rechnete bei dieser Gelegenheit, ohne nähere Details zu geben, heraus, dass infolge aller dieser Schwankungen der Massenverteilung unregelmässige Abweichungen der Drehungsaxe von der Hauptaxe in Beträgen von $^1/_{20}$ bis $^1/_2$ Sekunde entstehen könnten. War diese Auffassung richtig, so wurde es in der That vollkommen erklärlich, dass die Untersuchungen, welche sich von dem Schema der Euler'schen Periode nicht hatten loslösen können, nahezu ergebnislos verlaufen waren. Worauf es jetzt ankam, das waren von jeder vorgefassten Hypothese losgelöste, rein empirische Ermittelungen wirklich vorgekommener Veränderungen der geographischen Breiten auf Grund verschärfter und auch von sonstigen schematischen Voraussetzungen möglichst unabhängiger Messungen."

Diese Messungen sind mit einer bis dahin niemals erreichten Schärfe zuerst von Dr. Küstner in Berlin ausgeführt worden, und zwar unterschieden sich diese Ergebnisse aufs deutlichste von gewissen früheren Befunden, bei denen sich Schwankungen der geographischen Breiten in jährlicher Periode gezeigt hatten, welche man aber bei ihrer weniger einwurfsfreien Methode der Bestimmung sehr wohl durch die Einwirkungen der jährlichen Temperaturperiode auf die Strahlenbrechung und auf die instrumentalen Verhältnisse erklären konnte. Denn der hervorstechendste und zweifelloseste Zug von Küstner's Ergebnissen bestand darin, dass die geographische Breite der Berliner Sternwarte vom Frühjahre 1884 bis zum Frühjahre 1885 um 0.20 der Sekunde abgenommen hatte, während nach den auf einigen Sternwarten beobachteten jährlichen Perioden zur selbigen Jahreszeit wieder derselbe Wert hätte eintreten müssen. Im übrigen liessen die Beobachtungen Küstner's erkennen, dass die Maximalschwankung der geographischen Breite innerhalb seiner Beobachtungsreihen sogar 0.4 bis 0.5 der Sekunde betragen hatte. Die Fachgenossenschaft nahm das auffallende Ergebnis aufangs mit starken Bedenken auf und war geneigt, der ungünstigen Lage der Berliner Sternwarte mitten in einer grossen Stadt den Hauptanteil an der Erscheinung zuzuschreiben, etwa eine gewisse veränderliche Unsymmetrie der Strahlenbrechungswirkungen zwischen der Nordseite und Südseite des Scheitelpunktes als Erklärungsgrund zu vermuten. Man säumte jedoch nicht, trotz dieser Zweifel nunmehr umfassendere Untersuchungen der Frage zu veranstalten. Insbesondere war es die permanente Kommission der inter-

Digitized by Google

nationalen Erdmessung, welche, im Anschluss an ihre von den italienischen Fachgenossen schon auf der Konferenz zu Rom im Jahre 1883 angeregte Befürwortung umfassender Untersuchungen über die Frage der Veränderlichkeit der geographischen Breiten, im Jahre 1888 in ihrer Versammlung zu Salzburg die Förderung der ganzen Untersuchung kräftig in die Hand nahm. Das von Herrn Prof. Helmert in Berlin geleitete Zentralbureau der Erdmessung empfing den Auftrag, baldigst ein Zusammenwirken von mehreren Sternwarten zum Zwecke anhaltender gleichzeitiger Beobachtungen der geographischen Breiten nach dem von Dr. Küstner befolgten Verfahren zu organisieren und auch durch die Geldmittel der Erdmessung zu fördern. Von diesem Zeitpunkte an hat die weitere Entwickelung der Angelegenheit Herrn Prof. Helmert das Wesentlichste zu danken gehabt. Unterstützt wurde er hierbei in eifriger und geschickter Weise von den Beobachtern Direktor Dr. Weinek und Dr. Gauss auf der Sternwarte zu Prag, Schnauder auf der Sternwarte zu Potsdam, Dr. Marcuse auf der Sternwarte zu Berlin und bei der zusammenfassenden und gleichartigen Bearbeitung der (in Zahl von über 5000 vollständigen Bestimmungen der geographischen Breiten) erlangten Beobachtungen durch Herrn Professor Albrecht vom Königlichen Geodätischen Institute zu Berlin. Die korrespondierenden Messungen begannen auf der Sternwarte zu Berlin und zu Potsdam im Anfange des Jahres 1889, zu Prag im Sommer 1889, und schon im Frühjahre 1890 konnte erwiesen werden, dass man kein blosses Berliner Phänomen vor sich habe, sondern dass in Berlin, Potsdam und Prag der Abstand zwischen Scheitelpunkt und Himmelspol oder die Ergänzung der geographischen Breite zu einem rechten Winkel in bemerkenswert übereinstimmender Weise Veränderungen bis zum Betrage von 0.5 bis 0.6 der Sekunde (entsprechend Bewegungen der Pole an der Erdoberfläche im Betrage von etwa 20 *m*) erfahren hatte. Der weitere Fortgang der Beobachtungen im Jahre 1890 hat alsdann diesen Sachverhalt im wesentlichen bestätigt. Auch hier zeigte sich übrigens wieder deutlich, dass man es nicht mit einer bloss jährlichen Periode zu thun hat, welche etwa durch die jährliche Temperaturperiode in irgend einer naheliegenden Weise erklärt werden könnte; denn die Beobachtungen ergaben die geographischen Breiten zur selbigen Jahreszeit im Jahre 1890 um nahezu 0.2 der Sekunde kleiner als im Jahre 1889. Auch die Theorie begann nun, anknüpfend an den oben erwähnten Gedankengang von Sir William Thomson, das Problem vollständiger zu erfassen, als es bis dahin geschehen war. Es wurde jetzt von Radau in Paris und in Anknüpfung an dessen kurze Veröffentlichungen eingehender von Prof. Helmert untersucht, wie sich denn überhaupt die Bewegung der Drehungsaxe im Erdkörper gestalten müsse, wenn die Lage der Hauptaxe selber periodische, z. B. durch meteorologische und hydrologische Vorgänge bedingte alljährliche Schwankungen erfahre, während gleichzeitig die Drehungsaxe um diese veränderliche Lage der Hauptaxe nach dem Euler'schen Gesetz unablässig zu einer konischen Bewegung gezwungen sei, deren volle Umlaufszeit bei ruhender Lage der Hauptaxe zehn Monate betragen würde. Schon vorher, im Sommer 1889, hatte Schiaparelli ähnliche Probleme behandelt, aber nicht mit bezug auf schnellere periodische, sondern auf fortschreitende säkulare Lagenänderungen der Hauptaxe im Erdkörper. Radau's und Helmert's Untersuchungen ergeben jetzt das entscheidend wichtige Resultat, dass eine jährliche Periode der Lagenänderungen der Hauptaxe sich mit der zehnmonatlichen Periode der Bewegung der Drehungsaxe um die Hauptaxe zu einer grösseren Periode von fünf Jahren zusammensetzt, in denen fünf jährliche Perioden mit sechs vollen zehnmonatlichen Perioden zusammentreffen, und dass die sozusagen epizyklische Bewegung, welche der Pol der Drehungsaxe um den Pol der selber bewegten Hauptaxe beschreibt, alle fünf Jahre während zwei bis drei Jahren eine bedeutende Vergrösserung erfährt, während jene Bewegung sich innerhalb des übrigen Teils der fünfjährigen Periode auf eine geringere Weite zusammenzieht.

Digitized by Google

Es wird durch diese Theorie ferner wahrscheinlich gemacht, dass um die Zeit des Maximums der Bewegungen der Drehungsaxe im Erdkörper die Schwankungen der geographischen Breiten über sechsmal grösser werden können, als die durch meteorologische Vorgänge entstehenden jährlichen Schwankungen der Lage der Hauptaxe, und dass die grösseren Schwankungen der geographischen Breiten von einem Wellenberge zum anderen in etwas mehr als 11 Monaten, die kleineren in 14 bis 16 Monaten verlaufen, und dass dabei im allgemeinen von den aufeinander folgenden Maximal- oder Grenzwerten der einzelnen Schwankungen der geographischen Breite (je nach der Lage der einzelnen Schwankungen innerhalb der umfassenden fünfjährigen Periode) der spätere bald grösser, bald kleiner ist, als der nächstvorangehende. Diese merkwürdigen Ergebnisse der Theorie werfen nun auch auf den ganzen oben dargelegten Verlauf der Entwickelung der Angelegenheit helleres Licht. Zwar darf nicht erwartet werden, dass diese Theorie in der Vergangenheit und in der Zukunft bis ins einzelne Bestätigung finden werde, denn die alljährigen meteorologischen Vorgänge, von denen die Bewegung der Hauptaxe wesentlich abhängt, sind selber von einer ganz regelmässigen Periodizität ziemlich weit entfernt; aber im ganzen und grossen bietet doch die Theorie nicht bloss eine zwanglose Deutung der verhältnismässigen Erfolglosigkeit mancher früheren Untersuchungen und der bei ihnen hervorgetretenen Schwierigkeiten dar, sondern die Epochen der deutlichsten und erheblichsten, in dem letzten Jahrzehnte beobachteten Schwankungen der Breiten scheinen sich auch in die fünfjährige Periode ganz gut einzufügen, nämlich neben den Beobachtungen von 1889—1890 die Berliner Beobachtungen von 1884 bis 1885 und eine Reihe anderer Beobachtungen um 1880 und 1881, auf welche Dr. Küstner schon früher hingewiesen hatte. Keinesfalls wird man sich aber angesichts der noch obwaltenden Unsicherheit der hypothetischen Voraussetzungen bei obiger Theorie beruhigen dürfen, sondern es wird zur tieferen und stetigen Kenntnis der fraglichen Lagenänderungen der Hauptaxe und der Drehungsaxe unablässig fortgesetzter Messungen bedürfen, und zwar soll nach Beschluss der permanenten Kommission der internationalen Erdmessung zunächst nicht bloss auf eine stetige Fortsetzung der bisherigen Beobachtungen in Mitteleuropa hingewirkt, sondern auch sofort auf Kosten der Erdmessung eine wissenschaftliche Expedition nach einer Mitteleuropa gerade gegenüber liegenden Station bei Honolulu (Sandwich-Inseln) ausgesandt werden mit dem Auftrage, dort zunächst während 11 bis 12 Monaten unablässige Bestimmungen der geographischen Breite auszuführen. Die Strenge der wissenschaftlichen Forschung verlangt es, dass die Erscheinungen selber nunmehr so zweifellos und vollständig als irgend erreichbar unter möglichst verschiedenen Umständen, insbesondere auch hinsichtlich des Einflusses der Lage des Beobachtungsortes, festgestellt werden. Undenkbar wäre es nämlich nicht, dass die bisherigen Beobachtungsergebnisse auch noch ganz andere Deutungen fänden oder wenigstens zum Teile auch noch die Einflüsse anderer Ursachen, als die Lagenänderung der Drehungsaxe im Erdkörper enthalten könnten, z. B. gesetzmässig veränderliche Abweichungen in der Lage der Flächen gleicher Dichtigkeit in den oberen Luftschichten von der nahezu parallelen Lage zu den entsprechenden Flächen in der Nähe der Erdoberfläche, wodurch in der That veränderliche Unsymmetrie der Strahlenbrechung auf der Nord- und der Südseite des Scheitelpunktes und damit in der oben dargelegten Weise scheinbare Veränderlichkeit der geographischen Breite verursacht werden könnte. Ganz undenkbar wäre auch nicht eine gemeinsame veränderliche Störung der Lage der Lotrichtungen in Mitteleuropa. Zwar ist die auf Strahlenbrechungsanomalien begründete Erklärung an sich wohl unwahrscheinlich, da ein solcher Sachverhalt schwerlich ohne anderweitige Anzeichen in der meteorologischen Forschung und auch in der Astronomie geblieben sein könnte, und auch die Störung der Lotrichtungen ist um so unwahrscheinlicher, als neuerdings auch die

Digitized by Google

Sternwarte zu Pulkowa Breitenschwankungen fast genau übereinstimmend mit den mitteleuropäischen Sternwarten beobachtet hat. Dem ungeachtet ist es von entscheidender Wichtigkeit, nunmehr das Experiment auch auf der gegenüberliegenden Seite der Erde anzustellen; denn wenn die Breitenschwankungen lediglich von den Lagenänderungen der Drehungsaxe im Erdkörper herrühren, müssen sie auf jener Seite in gleichem Betrage, aber im entgegengesetzten Sinne auftreten, während bei dem Vorwalten anderer Ursachen das Ergebnis ganz anders sein würde."

Die Expedition nach Honolulu ist inzwischen abgegangen, und werden die Beobachtungen dort durch Herrn Dr. Marcuse ausgeführt werden.

Lotabweichungen in dem Terrain zwischen dem Jura und den Alpen sind von J. B. Messerschmitt nachgewiesen worden[1]). Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, doch ergiebt sich aus den vorliegenden Beobachtungen anscheinend eine starke Anziehung des Juragebirges auf das Lot. Nimmt man Bern zum Ausgangspunkte, so findet Messerschmitt für Weissenstein (1290 *m* Seehöhe) eine Lotabweichung von —11.3″, für Neuenburg (490 *m* Seehöhe) eine solche von —15.6″, und für Chaumont (1000 *m* Seehöhe) steigt dieselbe sogar auf —17.8″, bei Tête-de-Rang (1330 *m* Seehöhe) ist sie —7.7″. Die letztgenannten drei Stationen liegen nahezu auf dem nämlichen Meridiane. Die grosse Differenz zwischen Neuenburg und einem Orte (Portalban mit —5.5″) jenseits des Neuenburger Sees, wird durch den letzteren erklärt, ob mit Recht, bleibt dahingestellt. Auch die Anomalie, welche Chaumont darbietet, das, obwohl hoch und dem Mittelpunkte des Jura näher liegend als Neuenburg, doch eine grössere Lotabweichung zeigt als letzteres, ist merkwürdig. Man könnte zu ihrer Erklärung annehmen, dass unter Chaumont grosse Mengen weniger dichten Gesteines vorhanden seien; doch sollte man mit derartigen Deutungen vorsichtig sein und die Beobachtungsergebnisse durch erneute Messungen vorerst prüfen.

Eine neue Methode zur Ermittelung zeitlicher Veränderungen der Lotlinien beschreibt Prof. Dr. E. Abbe in Jena[2]). Er sagt: „Man denke sich einen gewöhnlichen Quecksilber- oder Ölhorizont überdeckt mit einer genügend dicken Glasplatte, die in nur drei Kontakten möglichst direkt auf dem festen Boden (natürlichen Fels) frei aufliegt. Die Platte sei aus homogenem Glase, beiderseits vollkommen plan, aber in ganz geringem Masse — um einige Bogensekunden — keilförmig und durch Abgleichen der drei Auflagestellen sehr nahe parallel der Flüssigkeitsoberfläche gelagert. Wenn nun in beliebigem Abstande ein Fernrohr mit Gaussischem Okulare auf den Horizont eingestellt wird, so erscheint das von der Flüssigkeitsoberfläche gespiegelte Bild des Fadenkreuzes dicht neben zwei Bildern, welche durch Reflexion an den planen Flächen der Platte ent-

[1]) Jahrbuch der physik. Ges in Zürich 1890.
[2]) Astr. Nachr. Nr. 3030.

stehen. Eine mikrometrische Messung des jeweiligen Abstandes des ersteren Bildes von einem der beiden letzteren oder von beiden gestattet alsdann, jede zeitliche Richtungsänderung der Flüssigkeitsnormalen, also der Lotlinie, gegen die Normale der mit der Erde fest verbundenen Spiegelflächen nach Grösse und Azimut zu bestimmen. Durch die Reflexion wird jede Richtungsänderung auf doppelte Grösse gebracht. Bei Anwendung einer Platte von genügend grossem Durchmesser und eines entsprechend grossen Fernrohres kann also jede gewünschte Genauigkeit der mikrometrischen Messung erreicht werden. Statt, wie hier angenommen, ein Gaussisches Okular zu verwenden, wird man übrigens vorteilhafter eine geeignete leuchtende Marke in der Brennebene des Objektivs, aber etwas seitlich von der Axe desselben, anbringen — z. B. eine feine kreisförmige Öffnung in einem Silberniederschlage auf Glas, welche mittels eines Reflexionsprismas intensiveres Licht nach dem Objektive hinsendet — und den Abstand der verschiedenen Spiegelbilder dieser Marke von einander messen. Ein für solchen Zweck geeignetes Mikrometer wäre sehr leicht herzustellen. Noch viel einfacher aber lässt sich die Methode gestalten, wenn oberhalb des Flüssigkeitshorizontes ein etwas hoher Raum zur Verfügung steht. In diesem Falle kann ein Fernrohr ganz entbehrt werden, wenn man an Stelle der erwähnten Planplatte eine plankonvexe Linse von langer Brennweite setzt, so gelagert, dass ihre nach unten gekehrte plane Fläche der Flüssigkeitsoberfläche nahezu parallel wird. In einer Höhe über der Linse gleich der Brennweite derselben wird dann — ohne jede Rohrverbindung auf ganz getrenntem Gestelle — die zuletzt erwähnte Messvorrichtung (Marke und Mikrometer) samt Okular angebracht und der Abstand gemessen, welchen das von der Flüssigkeit gespiegelte Bild der Marke jeweils von dem an der planen Unterfläche der Linse reflektierten Bilde nach Grösse und Azimut zeigt. Zur Beleuchtung wäre in diesem Falle eine Natronflamme zu benutzen, um die Farbenzerstreuung des Linsenglases ausser Spiel zu setzen; die sphärische Aberration aber ist dadurch unschädlich zu machen, dass man die Brennweite der Linse sehr gross — mindestens gleich dem 60fachen der freien Öffnung — nimmt. Das zur Beobachtung dienende Okular erhält, der langen Brennweite entsprechend, geringe Vergrösserung, und das Mikrometer braucht entsprechend weniger fein zu sein. Eine Einrichtung dieser letzteren Art würde besonders vorteilhaft sein bei Aufstellung des Horizonts in einem Schachte oder in dem Keller eines Gebäudes, in welchem die Beobachtung in einer oberen Etage durch Öffnungen in den Zwischendecken hindurch geschehen kann. Unveränderliche Aufstellung des Okularapparates ist bei diesem zweiten Verfahren offenbar ebensowenig erforderlich, wie besonders feste Montierung des Fernrohrs bei dem ersten. Wesentlich ist nur, dass der angewandte Glaskörper —

Digitized by Google

Platte oder Linse — sich praktisch so verhalte wie eine an die feste Erdrinde selbst angeschliffene spiegelnde Facette. Diese Bedingung zu erfüllen, wird die einzige Schwierigkeit sein. Es wird dabei nicht nur darauf ankommen, dass eine ganz sichere und unwandelbare Anlagerung des Glases an ein dem Temperatur und Feuchtigkeitswechsel nicht ausgesetztes Fundament erreicht werde, sondern zugleich darauf, dass die Beobachtungsstelle auch den mittelbaren Einwirkungen entzogen sei, welche Verschiebungen der benachbarten oberen Erdschichten infolge wechselnder Temperatur- und Durchfeuchtung ausüben können. Volle Sicherheit, dass eine etwa beobachtete Veränderung der Lotlinie nicht von solchen rein lokalen und zufälligen Veränderungen des Bodens an der Beobachtungsstelle herrührt, dürfte wohl kaum anders als durch korrespondierende Beobachtungen an mehreren Orten zu gewinnen sein."

Schwankungen in der Richtung der Lotlinie sind mittelst des Hengler'schen Horizontalpendels schon vor mehreren Jahren durch Dr. v. Rebeur-Paschwitz nachgewiesen worden. Derselbe hat seine Beobachtungen seitdem fortgesetzt und ist zu weiteren wichtigen Resultaten gekommen.[1]) Das Instrument besteht seiner ursprünglichen Konstruktion nach aus einer dünnen, an dem einen Ende mit Gewicht beschwerten Stange, die an dem anderen Ende durch zwei straffe Drähte, die dicht nebeneinander befestigt sind, und von denen der eine nach dem oberen, der andere nach dem unteren Arme eines Stativs geht, frei schwebend erhalten wird. Sind die beiden Aufhängepunkte nicht genau senkrecht übereinander, so ruft schon die kleinste Veränderung in der Lage der Lotlinie eine beträchtliche Änderung in der Gleichgewichtslage des Pendels hervor, und dadurch giebt der Apparat ein Mittel an die Hand, Winkelgrössen zu messen, die so klein sind, dass sie sich jeder sonstigen Wahrnehmung völlig entziehen. Die hier beschriebene Form des Horizontalpendels ist von Dr. E. v. Rebeur-Paschwitz geschickt abgeändert worden.

Derselbe hat sich darüber schon vor einigen Jahren, wie folgt ausgesprochen:[2]) „Da bei der geschilderten Konstruktion die Lage des Pendels durch die Torsion der Stahldrähte beeinflusst wird, so habe ich letztere gänzlich beseitigt und durch folgende Einrichtung ersetzt. Der in horizontaler Richtung schwebend gedachte Pendelstab trägt an dem einen Ende ein vertikales metallenes Querstück von möglichst geringem Gewichte, in dessen beiden Enden kleine konkav ausgeschliffene Achatplatten eingelassen sind. Die Richtungen der Normalen der beiden Achatflächen liegen mit der Axe des Pendelstabes in einer Ebene, sie sind derselben nahezu parallel und einander entgegengesetzt.

[1]) Astr. Nachr. No. 3001 u. 3002.
[2]) Astr. Nachr. No. 2809.

Digitized by Google

Diesen Achatlagern entsprechend und in einem Abstande, der demjenigen der Mittelpunkte der beiden Lagerflächen gleich ist, sind am Stative des Apparats vertikal über einander zwei feine Stahlspitzen in nahe horizontaler Lage angebracht. Dieselben zeigen nach entgegengesetzten Richtungen und sind so gefasst, dass man das Pendel in dieselben einhängen kann, indem man die Achatlager mit den Spitzen in Berührung bringt. Das am anderen Ende durch ein kleines Gewicht beschwerte Pendel wird nun durch seine eigene Schwere in horizontaler Lage in der Schwebe erhalten. Um den Druck auf beide Spitzen möglichst gleichmässig zu verteilen und zugleich ein Herabgleiten des Pendels zu verhindern, müssen die Spitzen und Achatlager eine bestimmte Justierung erhalten, auf die ich jedoch hier nicht weiter eingehen will.

Es ist klar, dass die Drehungsaxe des Pendels mit der Verbindungslinie der beiden Stahlspitzen übereinstimmt: die Neigung der letzteren gegen den Horizont lässt sich durch die drei Fussschrauben des Stativs nach Belieben verändern, und das Pendel wird seine Ruhelage immer in der Vertikalebene haben, welche durch die Drehungsaxe geht. Selbstverständlich ist der Apparat gegen die Einwirkung von Luftströmungen, Wärmestrahlen und Magnetismus sorgfältig zu schützen.

Nach einigen Vorversuchen wurde das Pendel in einen sehr geräumigen Keller der technischen Hochschule zu Karlsruhe gebracht und daselbst auf einem besonders aufgemauerten soliden Steinpfeiler aufgestellt, und zwar so, dass es nach Westen zeigte. Darauf wurde dasselbe durch ein mit einem Glasfenster versehenes Holzgehäuse abgeschlossen, über welches ein zweites Gehäuse aus Blech gesetzt wurde, innerhalb dessen die Luft frei zirkulieren konnte. Die Beobachtung erfolgte nach der Methode der Spiegelablesung von einem 4 *m* entfernten Pfeiler aus mittelst Fernrohr und Skala, deren 2 *mm*-Teile ausreichend gross erschienen, um bequem die Schätzung von Zehnteln der Teile zu gestatten. Die Schwingungsdauer des Pendels in vertikaler Lage war vorher mit Hilfe einer an demselben angebrachten, mit der Drehungsaxe übereinstimmenden Schneide zu $0^s.454$ bestimmt: bei den Versuchen betrug sie $16^s\,12$, woraus man leicht ableitet, dass einer Ablenkung des Pendels um 1 Skalenteil eine Änderung der Richtung der Lotlinie im Meridiane von 0.″0400 entsprach. Ich bemerke, das die Empfindlichkeit sich auf fast das Vierfache erhöhen liess, doch waren dann die Bewegungen des Pendels so erheblich, dass ich für eine längere Beobachtungsreihe die Schwingungsdauer kürzer wählte.

Was nun die Bewegung des Pendels, die schwingende sowohl wie die fortschreitende anbetrifft, so waren beide von einer ganz überraschenden Regelmässigkeit. Noch bei einer Amplitude von $^1/_2$ Skalenteile vollzogen sich die Schwingungen vollkommen

Digitized by Google

gleichmässig, und die Ablesung der Elongationen ergab sehr genaue Werte für die Gleichgewichtslage, für welche jedenfalls das Zehntel des Skalenteils vollkommen verbürgt werden konnte, eine Grösse, die 0''.004 in der Neigung der Drehungsaxe im Sinne des Meridians entsprach. Die fortschreitenden Bewegungen des Pendels, welche natürlich einen sehr wechselnden Verlauf zeigten, liessen sich oft während mehrerer Stunden mit grosser Genauigkeit als der Zeit proportional darstellen.

Von Interesse war es, den Einfluss der durch den Strassenverkehr hervorgerufenen Erschütterungen auf die Bewegung des Pendels zu beobachten. Der erwähnte Keller befindet sich unter einem Seitenflügel der technischen Hochschule, deren Front einer sehr belebten, insbesondere auch häufig von Artillerie durchzogenen Strassen zugekehrt ist. Da ferner in nächster Nähe eine Dampfmaschine arbeitet, und häufig Lastwagen vorüberfahren, so war reichliche Gelegenheit geboten, den genannten Einfluss zu studieren.

Es stellte sich dabei in Übereinstimmung mit früheren Erfahrungen anderer heraus, dass während der aus Holz gefertigte Pendelstab sehr häufig merkliche vertikale Vibrationen ausführte, die Gleichgewichtslage des Pendels doch fast unverändert blieb; der einzige Effekt der Erschütterungen bestand darin, dass das Pendel, welches sonst in Ruhe war, eine geringe schwingende Bewegung von wenigen Zehnteln eines Skalenteiles erhielt. In den später zu erwähnenden photographisch verzeichneten Kurven tritt diese Erscheinung noch viel auffälliger hervor, als bei der direkten Beobachtung."

Schon damals hat Dr. v. Rebeur-Paschwitz eine Reihe von Beobachtungen mit dem verbesserten Horizontalpendel angestellt, die zu interessanten Ergebnissen führten. Er berichtet darüber folgendes: „Die Ablesungen wurden 12 Tage lang fortgesetzt und nach Möglichkeit auf die verschiedenen Tages- und Nachtzeiten verteilt. Temperaturbeobachtungen in der Nähe des Pfeilers konnten aus dem eben erwähnten Grunde nicht angestellt werden, was in dem vorliegenden Falle ohne Bedeutung ist, da die Temperatur des von starken Mauern umgebenen Kellers eine sehr konstante ist, und es sich zunächst nur darum handelte, den allgemeinen Charakter der Pendelbewegungen zu untersuchen. Dabei ergab sich nun in auffallender Weise die Existenz einer täglichen Periode, zufolge deren das Pendel gegen 6^h die grösste südliche, gegen 18^h die grösste nördliche Elongation erreichte. An einzelnen Tagen, z. B. am 27. April, an welchem während 24 Stunden halbstündige Ablesungen gemacht wurden, war die Regelmässigkeit dieser Periode so auffallend, dass die graphische Darstellung der Ablesungen fast mit einer gewöhnlichen Sinuskurve übereinstimmt. Die ganze Amplitude der täglichen

Digitized by Google

Bewegung betrug im letzteren Falle 12 Skalenteile oder nahezu 0.″5, die lineare Bewegung der Spitze des Pendels war 0.5 *mm*.

„Nachdem ich mich durch die vorstehend geschilderten Versuche von der Empfindlichkeit des Apparats und seiner Brauchbarkeit für kontinuierliche Beobachtungen überzeugt hatte, habe ich versucht, die bei magnetischen Beobachtungen mit so grossem Erfolge eingeführte photographische Registriermethode in Anwendung zu bringen, da auf die Dauer bei der ziemlich grossen Entfernung des Beobachtungslokals die Fortsetzung der Ablesungen nicht möglich war, und dieselben ja in Beziehung auf Vollständigkeit immer hinter Registrierbeobachtungen zurückbleiben mussten. Es wurde deshalb mit dem Pendel folgende Veränderung vorgenommen. Über der oberen Lagerplatte wurde ein Spiegel befestigt, dessen Ebene die Drehungsaxe enthält. Dicht neben demselben und in derselben Ebene befindet sich ein zweiter, mit dem Stative fest verbundener Spiegel, und vor beiden ist eine Linse von 5 *m* Brennweite aufgestellt, welche von der Lichtquelle, einer feinen kreisförmigen Öffnung im Blechzylinder einer Gasflamme, zwei horizontal neben einander liegende Bilder auf der in 4 *m* Entfernung aufgestellten, mit lichtempfindlichem Papiere überzogenen Walze entwirft. Das Uhrwerk, welches die horizontal liegende Walze in 48 Stunden einmal umdreht, schaltete stündlich einen Schirm aus, der den vom festen Spiegel herrührenden Lichtpunkt für die Dauer einiger Minuten abblendet. Es entsteht auf diese Weise neben der eigentlichen Kurve eine in gleichmässigen Abständen unterbrochene gerade Linie, welche gleichzeitig zur Kontrolle der Aufstellung und zur Zeitmarkierung dient. Die Schwingungsdauer des Pendels wurde von neuem zu $0^s.449$ bestimmt und dasselbe darauf im Meridiane aufgestellt, so dass die in der Ebene des ersten Vertikals liegende Komponente der Variation die Richtung der Drehungsaxe zur Aufzeichnung gelangt. Für den Versuch wurde eine Schwingungsdauer von $13^s.0$ hergestellt, hieraus ergiebt sich unter Zuhilfenahme der obigen Konstanten, dass 1 *mm* Ablenkung auf dem Papiere einer Veränderung der Neigung der Drehungsaxe von 0″.0308 entspricht. Dies ist also der Massstab für die Ordinate der verzeichneten Kurve, für die Abszisse, die Zeit, ist derselbe so gewählt, dass 1^h nahezu gleich 1 *cm* ist.

„In der Erwägung, dass die ersten Versuche ja nur dazu dienen sollen, die Registriervorrichtung zu prüfen, habe ich dieselben nur auf einen Zeitraum von 16 Tagen ausgedehnt, da einerseits sich in den mechanischen Vorkehrungen einige Mängel herausstellten, andererseits verschiedene Umstände eine Unterbrechung nötig machten. Der Erfolg ist, trotz der, wie erwähnt, noch vorhandenen leicht zu beseitigenden Mängel, ein sehr befriedigender: die erhaltenen Kurven zeigen einen vollkommen regelmässigen Verlauf, und es unterliegt keinem Zweifel, dass

Digitized by Google

auch bei einer beträchtlich vermehrten Empfindlichkeit des Pendels, brauchbare Beobachtungen zu erhalten sind.

„Über die Bedeutung der erhaltenen Kurven darf ich mir bei der Geringfügigkeit des vorhandenen Materials vorläufig noch kein Urteil erlauben, doch darf erwähnt werden, dass nicht nur der früher hervorgehobene periodische Charakter auffallend ist, sondern dass auch sehr eigentümliche, zum Teile wellenförmige Schwankungen von verschiedener Amplitude und meist kurzer Dauer hervortreten, von denen man wohl auf den ersten Blick berechtigt ist, zu sagen, dass sie von Temperaturschwankungen nicht herrühren können. Vielfach zeigt die stetig und in regelmässiger Krümmung verlaufende Kurve perlenartig aneinander gereihte Punkte, zwischen denen Stellen geringerer Intensität liegen. Ersteren entsprechen die Momente grösserer Ruhe, letzteren diejenigen einer stärkeren, durch Erschütterungen hervorgerufenen Bewegung des Pendels. Auf einer der erhaltenen Aufnahmen bricht die Kurve plötzlich ab, um bald darauf mit einer ganz verschiedenen Ordinate wieder anzusetzen. Diese Erscheinung lässt sich, da das unter Verschluss befindliche Pendel nicht berührt worden sein kann, nur als Folge eines sonst unbemerkt vorübergegangenen Erdstosses erklären, durch welchen die Lager der Drehungsaxe sich versetzt haben. Ich führe diesen Fall nur an, um zu zeigen, dass der Apparat gleichzeitig als Seismograph funktioniert.

„Durch die vorstehenden Mitteilungen, welche ich nach Gewinnung eines grösseren Beobachtungsmaterials zu ergänzen hoffe, möchte ich die Anregung dazu gegeben haben, dass obige, durch die bisherigen Versuche erprobte Beobachtungsmethode, welche, von einem geeigneten Lokale abgesehen, nur sehr geringe instrumentelle Mittel und nach Vollendung der Einrichtung im Verhältnisse zu dem gewonnenen Materiale einen sehr geringen Zeitaufwand erfordert, auch an anderen Beobachtungsorten zur Anwendung gelangt. Zur Erzielung einer vollständigen Registrierung der fraglichen Bewegungen würde es ausreichen, zwei Pendel in zwei auf einander senkrechten Vertikalebenen aufzustellen, deren Bewegungen auf einer und derselben photographischen Walze aufgezeichnet würden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Vergleichung solcher gleichzeitigen, mit denselben Mitteln erhaltenen Resultate für die Untersuchung, selbst während eines kurzen Zeitraums, mehr Anhalt liefern würde, als jahrelang fortgesetzte Beobachtungen an einem Orte."

Nachdem diese vorläufigen Beobachtungen gezeigt hatten, was man von dem Instrumente erwarten könne, sind 1889 mit Unterstützung der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften durch Dr. v. Rebeur-Paschwitz in Potsdam und Wilhelmshaven Beobachtungen mit photographisch registrierenden Horizontalpendeln angestellt worden. Die Ergebnisse sind

Digitized by Google

ebenso sicher wie neu und überraschend. Sie zeigen, dass die Ebene des Horizonts ununterbrochen hin- und herschwankt, allerdings um so kleine Beträge, wie eben nur das Horizontalpendel sie nachweisen kann. Diese Schwankungen als Folgen von Schwankungen in der Richtung der Lotlinie sind verschiedener Art. Für Wilhelmshaven ergiebt sich z. B. eine merkwürdige Abhängigkeit vom Barometerstande. Beim Steigen des Luftdrucks bewegt sich die Gleichgewichtslage des Pendels gegen Osten, beim Sinken kehrt sie zurück, so dass das Pendel völlig wie ein Barometer wirkt. Zur Erklärung nimmt der Beobachter an, dass der von Wasser durchzogene Marschboden Wilhelmshavens eine grosse Elastizität besitzt und wie ein elastisches Kissen mit wechselndem Luftdrucke aufschwillt und sich zusammenzieht. In Potsdam zeigt sich durchaus nichts von einer solchen Bewegung. Weit merkwürdiger sind andere, periodische Schwingungen des Pendels, welche anscheinend vom Sonnenstande und vom Stande des Mondes abhängen. In Wilhelmshaven steht das Pendel um 4 Uhr morgens am weitesten westlich, um 2 Uhr nachmittags am weitesten östlich, in Potsdam um 8 Uhr morgens und $3\frac{1}{2}$ Uhr nachmittags. Diese Bewegungen sind sehr ähnlich denjenigen der magnetischen Deklinationsnadel, nur steht diese am meisten westlich, wenn das Pendel seine östlichste Stellung hat, und umgekehrt. Daneben zeigen sich noch unregelmässige Bewegungen des Pendels, und zwar von dreierlei Art. Die eine Klasse derselben ist sehr verwickelt, indem die von dem Apparate aufgezeichnete Kurve die verschiedensten Wellenlinien zeigt, und zwar merkwürdiger Weise oft dann, wenn die scharfen Ränder der Kurve eine grosse Ruhe des Erdbodens andeuten. Die Ursache dieser verwickelten Bewegung ist noch völlig geheimnisvoll. Eine zweite Art von Störungen des Pendels wird durch mikroseismische Bewegungen des Erdbodens erzeugt. Dieselben dauern oft einen ganzen Tag und länger, und bei ihnen befindet sich das Pendel in kleinen Schwingungen, welche durch Momente grösserer Ruhe unterbrochen sind. Diese Bewegungen traten meist gleichzeitig in Potsdam und Wilhelmshaven ein, und sie beweisen, dass das ganze Gebiet von 50 Meilen Durchmesser und darüber sich in leisem Vibrieren befindet. Die dritte Klasse von Bewegungen des Pendels wird durch Erdbeben hervorgerufen, die aber auch an den beiden Beobachtungsstationen so schwach waren, dass kein anderer Apparat etwas davon merken liess. Im ganzen sind vom März bis September 1889 gegen 30 Fälle von Erdbeben verschiedener Stärke nachgewiesen worden, von kleinen sehr scharf markierten Stössen an bis zu ausgedehnten, viele Stunden, andauernden Bewegungen des Bodens. Und alles dies auf einem Gebiete, welches nach den gewöhnlichen Vorstellungen so gut wie erdbebenfrei ist. Von Interesse ist die Wahrnehmung des grossen Erdbebens in Zentralasien (am 11. und 12. Juli) durch

Digitized by Google

die Apparate in Potsdam und Wilhelmshaven. An beiden Orten herrschte nach Ausweis des Pendels am 11. Juli von 4 Uhr nachmittags an fast vollständige Ruhe. Plötzlich begannen die Pendel zu schwanken, in Potsdam abends 10^h $22.^m8$ (mittlere Zeit von Greenwich), in Wilhelmshaven um 10^h $23.^m1$ abends. Die grosse Störung erreichte in Potsdam erst nachts 2^h 30^m, in Wilhelmshaven um 3^h 10^m ihr Ende. Noch merkwürdiger ist die Thatsache, dass das starke Erdbeben in Tokio in Japan sich am 17. April an den Horizontalpendeln in Potsdam und Wilhelmshaven deutlich erkennen liess. Was den Einfluss des Mondes auf die Stellung des Horizontalpendels anbelangt, so ergeben die Beobachtungen zu Wilhelmshaven, dass dasselbe dort etwa eine halbe Stunde vor dem Durchgange des Mondes durch den Meridian seinen östlichsten Stand hat und überhaupt eine periodische Bewegung von der Dauer eines halben Mondtages zeigt. In Potsdam ist eine solche Bewegung nicht erkennbar, sondern die Berechnung der Beobachtungen lässt nur die direkte Anziehungsänderung des Mondes erkennen, wie sie die Theorie fordert. Die Niveaustörungen erscheinen also in Wilhelmshaven in bedeutend grösserem Masse als in Potsdam, und Dr. v. Rebeur-Paschwitz erklärt, dass dort der Wechsel in der Stellung des Mondes „eine Reaktion der oberen, stark elastischen Schichten“ hervorruft, also eine mehr von örtlichen Ursachen bedingte blasenförmige Anschwellung des Bodens. Weitere Beobachtungen mit dem Horizontalpendel an anderen Orten verheissen fernere wichtige Aufschlüsse. Zunächst wird Dr. v. Rebeur-Paschwitz das Potsdamer Instrument auf Teneriffa aufstellen, während gleichzeitig die Beobachtungen in Wilhelmshaven weitergeführt werden.

Die Schwerkraft im Hochgebirge ist Gegenstand einer wichtigen Untersuchung von Prof. Helmert gewesen[1]. Diese Untersuchung bezieht sich zunächst auf die Tyroler Alpen und ist auch deshalb von hervorragender Bedeutung, weil sie der Geologie Aufschlüsse liefert über gewisse Zustände in Schichten der Erdrinde, die uns direkt unzugänglich sind und auch wahrscheinlich stets bleiben werden. Diese Untersuchungen beruhen zunächst auf den sehr genauen Messungen, welche Oberstlieutenant v. Sterneck in den Alpen zwischen Innsbruck und Bozen an mehr als 40 Stationen über die Intensität der Schwerkraft angestellt hat. Das nächste Ziel der Sterneck'schen Arbeit war ein rein geodätisches, aber ihre Bedeutung geht, wie Professor Helmert betont, weit darüber hinaus, indem sie für die Geologie neues Material zur Erkenntnis der Konstitution der Erdkruste in Gebirgsgegenden liefert. In dieser Beziehung findet sie eine wert-

[1]) Die Schwerkraft im Hochgebirge. Veröffentlichung des Kgl. Preuss. geodät. Institutes. Berlin 1890.

Digitized by Google

volle Ergänzung durch ähnliche Beobachtungen auf zwei Tyroler Hochstationen in den Seealpen und auf dem Schöckel bei Graz. Von älterem Materiale an Beobachtungen über die Schwerkraft im Hochgebirge sind nur Messungen an einigen Stationen im Himalaya, sowie an mehreren Orten im Kaukasus und in Transkaukasien vorhanden, die aber im Zusammenhange mit den neuen Untersuchungen erheblich an Bedeutung gewinnen. Als Ergebnis seiner Untersuchungen kommt Prof. Helmert zu dem Schlusse, dass unterhalb der Tiroler Alpen, zwischen Innsbruck, Landeck, dem Stilfserjoch und Bozen, ein relativer Massendefekt in der Erdrinde besteht. Wie dieser Defekt in Wirklichkeit sich in dem Erdkörper verteilt, lässt sich nicht genau angeben; indessen ist wahrscheinlich, dass hauptsächlich die oberen Schichten der Erdkruste bis zu 100 *km* Tiefe beteiligt sind, weil anderenfalls der Defekt sich auch ausserhalb der Alpen fühlbarer machen würde, als es der Fall ist. Man könnte nun annehmen, dass die in der Erdkruste fehlenden Massen eben diejenigen sind, welche als Gebirgserhebungen über den Meeresspiegel hervorragen. Indem Prof. Helmert diese letzteren nach ihrem Volumen für das bezeichnete Gebiet möglichst genau berechnet, findet er, dass kein vollständiger Ausgleich statt hat, dagegen ist es ihm wahrscheinlich, dass allerdings nicht viel daran fehlt. Bezüglich Vorderindiens hat schon 1855 Pratt nachgewiesen, dass die Massenhäufungen, welche der äusseren Begrenzung des festen Landes entsprechen, durch Dichtigkeitsverminderung im Erdinneren bis zur Tiefe von einigen Hundert Kilometern ausgeglichen sind. Professor Helmert hat die Störungen der Schwerkraft in Indien einer neuen Untersuchung unterzogen und findet, dass im Himalaya unterhalb der Station More ein ideeller Massendefekt im Meeresniveau vorhanden ist, welcher den grösseren Teil der über dem Seespiegel befindlichen Massen kompensiert. Das Gleiche findet er auch bezüglich der Hochebenen im Inneren Vorderindiens, unter dem sich also auch Defekte befinden, welche mindestens den grösseren Teil der über dem Meeresspiegel befindlichen Massen ausgleichen. Endlich findet sich ganz das Gleiche für den Kaukasus, indem auch dort die Massen über dem Seeniveau durch unterirdische Defekte kompensiert sind. Doch scheint es, als fänden die Massen des Kaukasus ihren Ausgleich durch Defekte, welche nicht gleichmässig nördlich und südlich vom Kamme des Gebirges verteilt sind, sondern mehr nach der Südseite hin liegen. Wie hat man sich nun diese Massendefekte vorzustellen? Nach Prof. Helmert wird man sie sich im allgemeinen nicht als grosse Hohlräume zu denken haben, da deren Erhaltung selbst bei Erfüllung mit Flüssigkeiten oder hochgespannten Gasen zweifelhaft ist. Man könnte zur Erklärung der Defekte annehmen, dass die Festlandmassen unterhalb der Hochgebirge ein etwas geringeres spezifisches Gewicht besitzen als unterhalb der Niederungen, doch ist diese Er-

Digitized by Google

klärung nicht die einzig mögliche. Jedenfalls weist der Umstand, dass die Kompensation der Hochgebirgsmassen durch unterirdische Defekte keine vollständige zu sein scheint, darauf hin, dass der Erdkörper unterhalb der Festländer eine ausreichende Widerstandskraft gegen diejenigen Spannungen hat, welche zweifellos durch das Übergewicht der nicht kompensierten Massen der Hochgebirge entstehen. Die bei den genannten Hochgebirgen gefundene annähernde Kompensation der äusseren Massen durch unterirdische Defekte legt den weiteren Schluss nahe, dass überhaupt die sämtlichen Festländer der Erde, welche gleich gewaltigen Sockeln über den Meeresspiegel hervorragen, durch darunter liegende Defekte grösstenteils kompensiert sein mögen. Zu diesem Schlusse kommt man, wie Prof. Helmert zeigt, auch durch Betrachtung der Schwerkraft auf denjenigen kleinen Inseln der Ozeane, welche im tiefen Wasser den Festländern bis auf wenige Hundert Kilometer nahe liegen. Die grössere Schwerkraft, die sich auf ihnen zeigt, kann nur darauf zurückgeführt werden, dass in der Erdrinde bei den Inseln eine verhältnismässige Massenanhäufung stattfindet. Diese Anhäufung ist wahrscheinlich zum Teile auf Rechnung der Inselpfeiler zu setzen, kann aber zum Teile auch in einer Massenanhäufung unterhalb des Meeresbodens ihren Grund haben. Immer aber scheint, wie Prof. Helmert betont, die Dichtigkeit der Massen in gewissen, nicht näher bekannten Schichten unterhalb des Meeres grösser zu sein, als in gleicher Tiefe unterhalb des Festlandes. Das sind Thatsachen von allergrösster Wichtigkeit, mit denen fernerhin die Geologie rechnen muss. Alle Hypothesen über die Bildungsweise der Festländer und Meere, welche diesen Thatsachen nicht gerecht werden, können keinerlei Anspruch auf Zulässigkeit erheben. Ferner ist klar, dass die Pendelmessungen auch für die Geologie ein äusserst wichtiges Hilfsmittel sind, und die möglichste Vervielfältigung derselben aufs dringendste zu wünschen ist.

Über Schwankungen in der Intensität der Schwere hat sich F. W. Pfaff in Erlangen verbreitet[1]). Schon der Vater desselben hat bezügliche Versuche unternommen, ohne zu positiven Ergebnissen zu kommen. Dem Verf. gelang es endlich, eine Federwage zu konstruieren, die nach seiner Angabe bestimmte Resultate lieferte. Der Apparat besteht aus zwei Federn, einer in einer Ebene gewundenen und einer Stangenfeder, die sich zu einer einzigen ergänzen. Fast an ihrem Ende trägt jede dieser Federn ein Achatlager, in welchem eine Stahlschneide ruht, die wieder mit einer anderen, jedoch umgekehrt gerichteten Schneide verbunden ist. Auf letzteren Schneiden ruhen wieder zwei Achatlager, die auf einer Stahlstange befestigt sind. Auf dieser ruht nun ein Gewicht von 2 *kg*. Durch dieses Gewicht wird die Feder

[1]) Zeitschr. der deutschen geol. Gesellsch. **42.** 2.

Digitized by Google

nach abwärts gebogen. Verminderungen der Intensität der Erdschwere haben eine Hebung, Vermehrungen eine Senkung der Feder zur Folge. Um auch sehr kleine Änderungen im Stande der Feder noch ablesen zu können, trägt das äusserste Ende derselben eine sehr schwach konvexe Linse, über welche eine konkave Linse von etwas grösserem Krümmungsradius auf einem seitlichen Träger angebracht ist. Von der einen Seite fallen parallele Natriumlichtstrahlen auf dieses Linsensystem, und von der anderen Seite werden die Interferenzringe durch ein Mikroskop mit Okularmikrometer beobachtet. Der Apparat erlaubte noch Schwankungen der Intensität der Erdschwere um $\frac{1}{3\,905\,000}$ nachzuweisen. Vom 24. Oktober 1889 bis zum 24. März 1890 wurden mit diesem Apparate gegen 1218 Beobachtungen vorgenommen. Diese Beobachtungen haben gezeigt, dass die Intensität der Erdschwere in der That an demselben Orte Änderungen unterworfen ist, welche die von Thomson berechneten bedeutend überschreiten. Verfasser folgert daraus, dass die Erde eine glutflüssige Kugel mit Erstarrungskruste sei, und dass die Erdoberfläche relativ beträchtlichen Schaukelbewegungen unterworfen sei. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes wäre die Anstellung von derartigen Beobachtungen an verschiedenen Orten in verschiedenen Breiten und eine Vervollkommnung der Methode (womöglich mit automatischer Registrierung) dringend zu wünschen.

Die mittleren Erhebungsverhältnisse der Kontinente hat Dr. F. Heiderich einer neuen Untersuchung unterzogen[1]. Bereits J. A. de Luc und Laplace haben die mittlere Höhe des Landes geschätzt, aber erst A. von Humboldt hat es zum ersten Male unternommen, mittlere Höhenwerte für die Kontinente zu berechnen, und seine Arbeit hat in den letzten 20 Jahren mehrere ähnliche zur Folge gehabt. Untersuchungen über die mittleren Erhebungsverhältnisse der gesamten Erdkruste sind in jüngster Zeit von A. de Lapparent, Murray und A. v. Tillo angestellt worden, nachdem die Ergebnisse der neueren Tiefseeforschungen schon früher verschiedene Berechnungen mittlerer Meerestiefen angeregt hatten.

Diesen sämtlichen Arbeiten haften mehr oder minder grosse Ungenauigkeiten an, hauptsächlich infolge des beschränkten Materiales, welches ihnen zu Grunde liegt. Die neue Arbeit von Heiderich stützt sich auf reicheres Quellenmaterial. Derselbe hat dieses zur Konstruktion von Profilen verwertet und daraus, unter Benutzung einer bereits von A. v. Humboldt angewandten Methode, die mittleren Erhebungsverhältnisse abgeleitet. Im Norden konnte er bis 80° Breite gehen, im Süden im allgemeinen bis 75°; im ganzen wurden 32 Profile entworfen. Die Ausmessung

[1] Penck, Geogr. Abhandl. 5. 1., p. 71 u. ff.

Digitized by Google

derselben liess folgende Schlüsse zu: 1. Bestimmung der Längenerstreckung von Wasser und Land auf den einzelnen Parallelkreisen, wobei sich Gelegenheit bot, die von Forbes, Dove, Penck und v. Tillo gewonnenen Zahlen zu kontrollieren. 2. Bestimmung des Flächeninhaltes von Wasser und Land in den einzelnen Zonen und Zonenabschnitten; 3. Berechnung der mittleren Erhebungsverhältnisse der Kruste in zonaler Anordnung, wobei sich zugleich Gelegenheit bot, die mittleren Höhenverhältnisse von Wasser und Landoberfläche, sowie des Gewichtes von Kruste und Meeren über einem gewissen Niveau zu berechnen, so dass Material 4. für eine Untersuchung über den wahren Luftdruck auf der Erdoberfläche gewonnen wurde. Schliesslich wurden 5. anhangsweise auch die Daten über die mittleren Höhen der einzelnen Kontinente, sowie deren Längenerstreckung auf den Parallelen von 5° zu 5°, deren Areal und mittlere Höhe nach 10°-Zonen zusammengestellt.

Die grösste relative Längenerstreckung des Landes liegt in einer Entfernung von 65° vom Äquator, die geringste an diesem selbst. Die grösste absolute Längendimension dagegen in 30°, die geringste in 70° Entfernung vom Äquator bei den in betracht gezogenen Parallelen.

Bezüglich des Verhältnisses des Flächeninhaltes von Land und Wasser findet Heiderich für das ganze Gebiet zwischen + 80° und — 70° Breite den Wert 1 : 2.6, nämlich 135.1 Mill. Quadratkilometer Land gegen 355.2 Millionen Quadratkilometer Wasser. Es entfallen in Prozenten:

In der Zone zwischen	auf das Land	auf das Meer
80—70° N.	32.7	67.3
70—60	71.5	28.5
60—50	57.0	43.0
50—40	52.2	47.8
40—30	43.5	56.5
30—20	37.3	62.7
20—10	26.7	73.3
10—0	23.0	77.0
0—10° S.	22.8	77.2
10—20	22.5	77.5
20—30	22.8	77.2
30—40	10.1	89.2
40—50	3.3	96.7
50—60	1.0	99.0
60—70	3.2	96.8

Vergleicht man die nördliche und südliche Halbkugel miteinander, so tritt die Präponderanz des Landes auf der ersteren (40.4 %) gegenüber dem Landgebiete der letzteren (14.4 %) deutlich vor Augen. Der Flächenraum des Landes ist demnach nördlich vom Äquator 2.8 mal so gross als derjenige der südlichen Halbkugel. Diese Zahlen stimmen mit den von v. Tillo für das Gebiet zwischen 75° N bis 75° S gewonnenen Werten der Land-

bedeckung von 40% für die Nordhemisphäre, und von 14% für die Südhemisphäre befriedigend überein.

Die Profile gestatten eine recht genaue Bestimmung der mittleren Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erdkruste unter den verschiedenen Parallelkreisen. „Die mittlere Höhe des Landprofiles ist am 80.° nördl. Br. wegen der grossen mittleren Höhe von Grönland überaus bedeutend (1817 *m*), fällt von hier bis zum 55.° N (460 *m*) und erreicht mit stetiger Zunahme gegen S am 35.° nördl. Br. den hohen Wert ven 1668 *m*; am folgenden 36.° nördl. Br. hat sie noch immer 1819 *m*. Von hier aus nach S bleibt die mittlere Höhe des Landes auf den einzelnen Parallelkreisen stets unter 1000 *m*, nur am 15.° südl. Br. erreicht sie mit 986 *m* fast diesen Wert. Die Meeresprofile weisen in den nördlichen Regionen sehr geringe Tiefen auf. Die mittlere Tiefe nimmt von 80° N nach S zunächst zu und erreicht auf dem 40.° nördl. Br. ihren Maximalwert in 4195 *m*. Die darauf folgenden Parallelen bis zum 55.° S haben durchwegs bedeutende Tiefen von über 3000 *m*. Unter 15° N und 15° S sind sogar solche von über 4000 *m* zu verzeichnen. Was die ausgeebneten Parallelkreisprofile betrifft, so finden wir bei denselben geringe Höhen über dem Meeresniveau nur am 80., 70. und 65.° N. Von da ab geht das Parallelkreisniveau unter den Meeresspiegel hinab, sinkt stetig mit kleinen Schwankungen auf den folgenden Parallelkreisen und erreicht seine grössten Tiefen auf dem 35., 40., 45. und 50.° südl. Br., in 3247, 3598, 3626 und 3417 *m*.“

„Die mittlere Meerestiefe nimmt von N gegen S zu und erreicht ihren höchsten Wert in der Zone zwischen 40°—30° N, nämlich 3986 *m*. Die höchste mittlere Erhebung des Landes und die grösste mittlere Tiefe des Meeres liegen demnach in derselben Zone. Die mittlere Meerestiefe ist in dieser Zone 2.7 mal so gross als die mittlere Landhöhe. Man dürfte daher hier auf ein Gleichgewicht der festen und flüssigen Massen schliessen, wenn die Flächenräume des Landes und des Meeres der Zone im gleichen prozentischen Verhältnisse ständen. Dies ist aber nicht der Fall, denn das Meer nimmt 56.5% und das Land 43.5% der gesamten Zone ein. Bemerkenswert ist, dass die mittlere Tiefe des Meeres von 50° N bis 50° S in den 10 Gradzonen unter 3500 *m* bleibt, mit alleiniger Ausnahme der Zone von 10° N bis zum Äquator, deren Tiefe (3489 *m*) aber immerhin dem obigen Werte sehr nahe kommt.

Die mittlere Höhe von Wasser- und Landoberfläche zeigt wieder bedeutende Ziffern auf der Nordhemisphäre, geringe auf der Südhemisphäre Ihr höchster Wert mit 640 *m* kommt der Zone zwischen 30°—40° N, ihr niedrigster mit nur 4 *m* derjenigen zwischen 50°—60° S zu. Das über die gesamte Fläche (zw. 80°—0° N) ausgeglättete Land gäbe der nördlichen Halb-

Digitized by Google

kugel eine mittlere Höhe von 301 *m*, der südlichen (zw. 80° bis 70° S) eine solche von 104 *m*, dem ganzen Gebiet zwischen 0° N bis 70° S eine solche von 205 *m*. Das ist jenes mittlere Niveau, über welches sich das Luftmeer ausbreitet. Dasselbe ist vom mittleren Krustenniveau um 2490 *m* (= 2285 + 205 *m*) entfernt. Ein Ozean von der beträchtlichen Tiefe von rund 2500 *m* würde in der That die bekannte Erde gleichmässig umfluten, wenn man sich alle Niveaudifferenzen des Festen ausgeglichen denken würde.

Die mittlere Höhe auf der gesamten nördlichen Halbkugel bis 70° N beträgt 740 *m*, auf der südlichen fast ebensoviel (723 *m*). Auch die mittleren Tiefen des Meeres sind auf beiden Hemisphären fast dieselben, nämlich auf der nördlichen 3464 *m*, auf der südlichen 3530 *m*. Wären nun die Flächenräume einerseits des Landes, andererseits des Meeres zu beiden Seiten des Äquators die gleichen, so müssten auch die mittleren Höhen der ausgeebneten Kruste nördlich und südlich vom Äquator gleiche oder doch wenig von einander differierende Werte haben. Dies ist aber, wie früher bereits ausgeführt, nicht der Fall. Während von dem Gesamtflächenraume der nördlichen Halbkugel 40 % auf das Land entfallen, hat das letztere auf der südlichen Hemisphäre (immer nur bis zum 70.° gerechnet) nur einen Anteil von 14 % an dem Gesamtflächenraume. Dies kommt in den mittleren Höhen der Kruste zum Ausdrucke. Nördlich vom Äquator beträgt dieselbe — 1764 *m*, südlich davon 1153 *m* mehr, nämlich — 2917 *m*."

Als endgültige Werte für die mittleren Höhen der Kontinente (in Metern) findet Dr. Heiderich:

Europa 375, Asien 920, Afrika 602—670, Australien 470, Nordamerika 830, Südamerika 760, alle Kontinente im Durchschnitte 744. „Es zeigt sich, dass Laplace mit seiner Annahme, die mittlere Höhe der Kontinente dürfte nicht 1000 *m* übersteigen, sich bei weitem nicht so sehr geirrt hat als A. v. Humboldt, der ihn zu berichtigen strebte, und dass die älteste Schätzung zu 300 Toisen (555 *m*) von S. A. de Luc der Wirklichkeit am nächsten gekommen ist."

2. Oberflächengestaltung.

Die Bildung der Durchgangsthäler ist von Hilber besprochen worden.[1]) Ein solches Thal tritt da am klarsten hervor, wo ein Kettengebirge seiner Breite nach von ihm durchquert wird. Hierhin gehören auch die Bildungen, in welchen ein Lavastrom, eine Moräne, eine Düne oder im Thale selbst stehen gebliebene Erosionsreste von einem Wasserlaufe durchsetzt werden.

[1]) Petermann's Mitteilungen. 1889. p. 10.

Diese Thalbildung hat bezüglich ihrer Entstehung Veranlassung zu vielen Hypothesen gegeben, welche Hilber aufführt und charakterisiert. Am nächsten lag es wohl, an Spalten zu denken; man hielt die Durchgangsthäler für aufgerissene Spalten, welche ein Fluss vorgefunden und benutzt habe. Lyell stellte dagegen (1842) die Behauptung auf, der Fluss sei in solchen Fällen älter, und während das Gebirge langsam aufsteige, behaupte er infolge seiner Erosionsthätigkeit sein Niveau. Löwl warf dagegen ein,[1]) dass in allen genau untersuchten Gebieten sämtliche Gehängterrassen gleichmässig geneigt seien und daher beweisen, „dass diese Thäler erst nach der Aufrichtung des Gebirges ausgespült wurden“.

Von anderen Hypothesen zu schweigen, ist der Regressionstheorie zu gedenken, die Hilbert kurz so charakterisiert: „Die Thalbildung geschah rückschreitend, der Durchbruch durch Erosion von der Mündungsseite des Flusses her. Es giebt zwei Modifikationen dieser Theorie: nach der einen waren zwei auf der entgegengesetzten Gebirgsseite thätige Quellbäche, nach der anderen war einer (der dem durchbrechenden Flusse angehörige) an der Durchbruchsbildung beteiligt.“ Diese Hypothese wurde 1867 von Humphrey und Abbot aufgestellt und durch Beobachtungen am Mississippi gestützt. Löwl hat sie weiter ausgeführt, und Hilber pflichtet ihr bei. „Die Regression der Thäler,“ sagt er, „ist eine Thatsache. Ein Gebirge fördert das Rückschreiten der Thäler, statt es zu hindern. Ein Thal wird nämlich, wenn es an der seinen Erosionsfaktoren entsprechenden hinteren Grenze angelangt ist, sofern es dort ein Gebirge erreicht, sich noch weiter zu verlängern im stande sein. Die Ursache dieser Begünstigung des Rückschreitens liegt erstens in dem vermehrten Gefälle, zweitens in der durch die Wirkung des Gebirges als Kondensationsvorrichtung bedingten grösseren Wassermasse. Wer das Rückschreiten der Thalbildung zugiebt, kann die Regressionstheorie der Durchgangsthäler nicht ausschliessen, weil sie eine Konsequenz des ersteren ist. Auch eine Methode, welche in der vergleichenden Erdkunde noch kaum Anwendung gefunden hat, welche aber auch für andere Fragen derselben berücksichtigenswert erscheint, führt zu dem gleichen Ergebnisse. Es ist das Aufsuchen derjenigen Oberflächenformen, welche als Entwickelungsstadien der vollendeten Erscheinnng betrachtet werden können. Im vorliegenden Falle ergiebt sich folgende Reihe von Formen: Eine trockene steile Runse am Gehänge, deren Auswaschung während der Regengüsse geschieht, stellt sich als eins der ersten Stadien der Thalbildung dar. Diese Runsen haben verschiedene Längen. Während sie alle den nächstliegenden Thalboden erreichen, haben sie eine verschiedene Ausdehnung nach rückwärts.

[1]) Petermann's Mitteilungen 1882. p. 409.

Digitized by Google

Die längeren sind vorgeschrittenere Entwickelungsformen. Einige erreichen den Kamm, wo sie eine Einsenkung desselben erzeugen. Diese ist die erste Andeutung des Durchbruchs. Sowie diese Einsenkung erzeugt ist, scheint sich auf der anderen Seite des Kammes eine korrespondierende Schlucht auszubilden, denn man findet so regelmässig an beiden Seiten von Kammeinsenkungen genau gegenüber zwei Schluchten, dass wohl an diesen ursächlichen Zusammenhang gedacht werden muss. Häufig ist ein seitliches Ausweichen der Kammlinie damit verbunden. Die Kammeinsenkungen, die Joche, sind von verschiedener Tiefe. Die tiefsten stellen uns wieder weitere Stadien des Prozesses dar. Von den Jochen bis zu den Thalwasserscheiden ist nur mehr ein gradueller Unterschied, ebenso wie von der seitlichen Verschiebung dieser Thalwasserscheiden über eine Gebirgskette oder über ein ganzes Gebirge hinaus. Damit ist der Durchbruch vollendet. Der Umstand, dass wir in einem der Entwickelungstadien fast immer erst zwei Bäche an der Ausbildung der Einsenkung thätig finden, deutet darauf hin, dass die von Peters und Hochstetter angenommene Beteiligung zweier entgegengesetzter Bäche dem Vorgange entspricht.

Die Lage der Wasserscheide auf der baltischen Seenplatte ist von K. Keilhack studiert worden[1]). Dort findet sich in ihrer ganzen Länge ein mehr oder weniger zusammenhängender Streifen Landes, der nirgend nach aussen seine Abwässer entsendet, vielmehr findet die Entwässerung in unzähligen geschlossenen Depressionen statt, die teils mit Wasser gefüllt, teils in einem mehr oder weniger fortgeschrittenen Vertorfungsprozesse begriffen sind. Das Land zwischen diesen Becken ist in der denkbar unregelmässigsten Weise gestaltet (Moränenlandschaft); einzelne Hügel, Kegel und längere oder kürzere Rücken, die ohne jede Gesetzmässigkeit bunt durcheinander liegen, geben dieser Landschaftsform ein ganz eigentümliches Aussehen. Ein weiteres charakteristisches Merkmal der Moränenlandschaft ist ihr ungeheurer Reichtum an Geschieben. Dieselben finden sich aber nicht regellos über die ganze Fläche derselben verbreitet, sondern innerhalb derselben in schmalen Zonen angeordnet, deren Auftreten eine auffällige Gesetzmässigkeit verrät. Der ausgedehnteste dieser Streifen grösster Geschiebeanhäufung liegt hart am Südrande der Moränenlandschaft und bildet die Grenze derselben, die Verf. als das Heidesandgebiet bezeichnet.

„In diesem Geschiebezuge treten die Blöcke entweder in Packungen, d. h. einer auf dem anderen liegend, auf und stellen dann 50—300 *m* lange, 20—100 *m* breite Hügel, Kegel und Kämme dar, oder sie finden sich als oberflächliche, dichte Beschüttungen auf dem Geschiebemergel oder anderen oberdiluvialen

[1]) Petermann's Mitteilungen 1891. II. p. 38.

Bildungen. Die Verteilung beider Formen ist derart, dass die Beschüttungen die Zwischenräume zwischen den der Fläche nach durchaus zurücktretenden Packungen einnehmen. Diese Bildungen stimmen nach ihrem inneren Baue und ihren Lagerungsverhältnissen so vollkommen mit den Endmoränen der heutigen Gletscher überein, dass man sie kaum für etwas anders halten kann, als für Blockanhäufungen, am Rande des diluvialen Inlandeises während einer längeren Stillstandsperiode desselben zum Absatze gebracht Neben diesem Hauptzuge am Südrande der Moränenlandschaft findet sich innerhalb derselben ein zweiter, ihm annähernd paralleler. Er ist bisher erst an einer Reihe vereinzelter Punkte angetroffen und steht bei weitem nicht in dem Masse im Zusammenhange wie der ersterwähnte. Auch an ihn schliesst sich nach Süden ein Sandstreifen an, der, entsprechend der geringeren Bedeutung der hinteren Endmoräne, auch nur eine unbedeutende Breite, 1—3 *km*, und auch nicht den ununterbrochenen Zusammenhang des der randlichen Endmoräne nach Süden vorgelagerten breiten Sandgebietes besitzt.

In der Moränenlandschaft überwiegen durchaus als Sammler der Niederschläge die eigentlichen Becken, regellos durcheinanderliegende Einsenkungen von der einfachen Kesselform zu den kompliziertesten Gestalten übergehend; in dem Heidesandgebiete dagegen begegnen wir hauptsächlich mehr oder weniger langgestreckten Rinnen, die nach allen Seiten hin wie abgeschnürt erscheinen. Es ist das derselbe Gegensatz, wie er in den Seentypen beider Landschaftsformen zum Ausdrucke gelangt: dort Grundmoränenseen, rings von Geschiebemergel umgeben und auf demselben als undurchlässigem Untergrunde ruhend; aus ihnen sind alle jene Tausende von grossen und kleinen Mooren hervorgegangen, die heute der Moränenlandschaft ein so eigentümliches Aussehen verleihen. In dem Heidesandgebiete dagegen begegnen uns fast ausschliesslich langgestreckte Seen, die in Rinnen liegen und perlschnurartig aneinandergereiht sind. Nur ein kleiner Teil dieser Rinnen gehört einem noch heute bestehenden Fliesswassersysteme an, die Mehrzahl aber ist aus dem ursprünglichen Zusammenhange durch lokale Zuschüttungen und Abschnürungen losgelöst. Die Unterschiede beider Seentypen drücken sich nicht nur in der Form der äusseren Umgrenzung, sondern auch im Relief ihres Untergrundes aus. Die Grundmoränenseen zeigen, sobald sie einige Grösse besitzen, genau dieselben komplizierten Terrainformen in ihrem Untergrunde wie die umliegende Moränenlandschaft. Zum äusseren Ausdrucke gelangt die durch das Auftreten von Inseln und Untiefen einerseits, tiefen Buchten und kesselartigen Tiefen andererseits. Die Rinnenseen stellen dagegen einfache Mulden dar und erweisen die Form ihres Untergrundes, von vereinzelten Ausnahmen abgesehen, meist als abhängig von derjenigen der sie einschliessenden Ufer.

Digitized by Google

Die Entstehung der eigentümlichen Oberflächengestaltung der Moränenlandschaft denkt sich Keilhack in der Weise, dass gegen Ende der Eiszeit der Eisrand, durch einseitige Belastung wirkend, in der oft geschilderten Weise die vor ihm liegenden Flächen aufpresste, beim Vorwärtsschreiten sie mit einer Schicht Grundmoräne überkleidete und dieses Spiel bei jeder der vermutlich zahlreichen Oszillationen wiederholte. Da nun kaum anzunehmen ist, dass bei jeder Oszillation der Eisrand dieselbe Lage wieder einnahm, so konnte auch die Terraingestaltung nicht in langen zusammenhängenden Falten vor sich gehen, sondern es musste die kurz bewegte, durch zahlreiche Depressionen ausgezeichnete Terrainform sich entwickeln, die wir heute vor uns sehen. An eine Mitwirkung grösserer Wassermengen bei der Modellierung der Moränenlandschaft glaubt Verf. nicht, schliesst sie sogar aus.

Das Problem der Wüstenbildung mit besonderer Berücksichtigung Egyptens und der Sinaihalbinsel ist auf Grund eigener Studien in den Jahren 1887 und 1889 von Dr. J. Walther behandelt worden[1]). Zunächst werden die meteorologischen Kräfte, die felszerstörend in der Wüste thätig sind, behandelt und ihr Einfluss auf das Relief der Erdoberfläche dargestellt. Unter diesen Kräften sind die Niederschläge wegen ihrer grossen Seltenheit von keiner grossen allgemeinen Bedeutung, doch wirken sie lokal bisweilen sehr intensiv als Transportmittel für den Schutt der Gehänge. Die grosse Trockenheit der Luft, verbunden mit andauernder Heiterkeit des Himmels und starkem nächtlichen Ausstrahlungsvermögen gegenüber der Tagesinsolation, bewirkt in der Wüste äusserst starke Temperaturschwankungen. Die Temperatur des Wüstensandes steigt viel rascher als jene der auflagernden Luftschichten, dringt verhältnismässig tief ein und repräsentiert vermöge der langsameren Abkühlung das Vorhandensein eines Wärmereservoirs. Durch die Ausdehnung und Kontraktion, welche als eine Folge der kräftigen Insolation und der starken nächtlichen Abkühlung unablässig miteinander abwechseln, werden freiliegende Felsoberflächen bis zu einer gewissen Tiefe angegriffen und umgeben sich mit einer leicht abblätternden Rinde, wodurch die Denudationskraft des Windes wesentlich unterstützt und ein Übergewicht derselben gegenüber der durch Wasser bewirkten Abtragung begründet wird. Abgesehen von der verschiedenen spezifischen Wärme der einzelnen Gesteine spielt auch deren abweichende Färbung eine wesentliche Rolle und befördert das allmähliche Abbröckeln in leicht transportablen Grus. Weit geringfügiger erweisen sich die durch chemisch thätiges Wasser bewirkten Einflüsse. Dieselben kommen nur an schattigen Stellen in Klüften und sonstigen Hohlräumen,

[1]) Die Denudation in der Wüste. Abhdlg. der mathem.-phys. Klasse der Kgl. sächs. Ges. der Wissensch. 16. Nr. III.

Digitized by Google

an schattigen Wänden oder unter Überhängen zur Geltung und erzeugen Nischen und Löcher, welche sich nachweislich selbst in historischer Zeit gebildet haben. Die durch Verwitterung entstehenden Veränderungen der Oberfläche in der Wüste lassen sonach die grossen Flächen unberührt und tragen den Charakter rein lokaler Erscheinungen an sich. Selbstverständlich besitzen die auf den Pflanzenwuchs zurückzuführenden Wirkungen eine noch geringere Bedeutung, da der Mangel einer geschlossenen Vegetationsdecke die kumulative Anhäufung pflanzlicher Überreste ausschliesst. Dagegen wirken einzeln stehende Büsche als Sandfänger und geben dadurch Veranlassung zur Entstehung jener isolierten Hügel, welche man als Neulinge bezeichnet hat. Vermöge ihrer universellen Verbreitung in den Wüsten haben die durch den Wind hervorgerufenen Veränderungen einen ausserordentlichen Einfluss auf das Relief. Die Wirkung des Windes äussert sich einerseits in der Entführung alles dessen, was durch Insolation, Verwitterung und Sandgebläse gelockert oder abgetrennt wurde, andererseits in der Scheuerung der Felsen. Walther schlägt für den Gesamtvorgang, durch den die bewegte Luft eine Anhäufung von Denudationsprodukten an Ort und Stelle hintanhält, die Bezeichnung Deflation vor und betrachtet denselben als das mächtigste, bezeichnendste Agens unter den modellierenden Kräften der Wüstenlandschaft. Die grosse Bedeutung der Deflation beruht zum Teile auf der Allgemeinheit ihrer Verbreitung, insofern als dieselbe nicht, wie die Erosion und Verwitterung, regional oder an gewisse Niveauverhältnisse gebunden ist.

Im einzelnen ist der Charakter der Wüste ein sehr verschiedener, und die landläufige Vorstellung, welche die Sandwüste als typisches Bild dieser Oberflächenform darstellt, völlig irrig. Dr. Walther unterscheidet folgende Wüstentypen: Felswüste, Kieswüste, Sandwüste, Lehmwüste.

Die Felswüste findet sich vielfach in Nordafrika und Arabien und als charakteristische Formen, welche in ihr im Granitgebirge auftreten, gehören zu ihr besonders grosse Zirkusthäler oder Thalenden, deren Entstehung von O. Fraas auf glaziale Erosion zurückgeführt wurde. Nach Walther ist dies jedoch irrig, vielmehr ist die Deflation durch den Wind die primäre Entstehungsursache, und erst später wurden die einzelnen Kessel je nach den örtlichen Zuständen durch Wassereinschnitte miteinander verbunden. Anders gestaltete sich der Einfluss der Deflation auf das ungestörte geschichtete Gebirge, woselbst durch das Vorhandensein von härteren Bänken in weicheren Lagen die Entstehung von Tafelbergen und jener Vorbaue derselben, die man als Zeugen zu bezeichnen pflegt, bedingt wird. Das in den Sedimenten enthaltene Salz wirkt hierbei ähnlich dem Spaltenfroste unserer Gebirge und beschleunigt den Prozess der Zerlegung jener Tafelberge in einzelne stehende Zeugen. Wenn auch die letzteren

Digitized by Google

verschwunden sind, wenn die Deflation eine tiefere, widerstandsfähigere Bank angegriffen hat, beginnt das Spiel von neuem mit der Entstehung neuer Tafelberge. Alle diese Vorgänge gestalten sich naturgemäss viel komplizierter in gestörten Gebieten. Die zeitliche und örtliche Beschränkung der Niederschläge in der Wüste hat zur Folge, dass die Erosion nur in geringerem Masse zur Geltung gelangt, allein die Einwirkung derselben vollzieht sich insofern rasch, als Insolation und Deflation das Material rasch zerkleinern und daher zum Transporte sehr geeignet machen; daher finden wir in den langgestreckten Uâdis grosse Schottermassen aufgehäuft, welche periodisch während der grossen Regengüsse weiterwandern.

Die Sandwüste wurde ehemals als ein Produkt des Meeres betrachtet, eine Anschauung, die heute längst als irrig anerkannt ist, aber ebenso tritt Walther der Meinung entgegen, dass der Wüstensand dem nubischen Sandsteine entstamme. Der Dünensand sei vielmehr als ein Überbleibsel der durch Temperaturschwankungen zerbröckelnden krystallinischen Gesteine, und zwar vornehmlich der Granite, aufzufassen. Der Wind entführt die abgefallenen Teilchen und sortiert sie regional zu Quarzkörnern, leicht transportabeln Glimmerschüppchen und Thonstaub, wodurch die Entstehung von zentralen Quarzsandwüsten und peripherischen Steppen (Thonstaub) begründet wäre. Mannigfach ist die Form der Dünen, welche als im allgemeinen auf der Windrichtung senkrecht stehende Sandwellen betrachtet werden dürfen und in kleinerem Massstabe den sogenannten Rippelmarken entsprechen. Die Bildung der Dünen hängt ab von der Gestaltung des Bodens, der Kraft und Richtung des Windes und von dem Sandgehalte des ersteren. Ortsveränderungen solcher Systeme von bis zu 100 *m* hohen Sandrücken fallen selbst in historische Zeiten. Hierher gehören auch die Baggendünen und Fuldjes, welch letztere Konkavitäten des Bodens darstellen. Indem sich die erwähnten Bedingungen verändern, tritt ein Wandern der Dünen ein, und es entsteht durch das Zurückbleiben eines Teiles der alten Dünen eine ausgezeichnete Diagonalschichtung. Die erwähnten Rippelmarken, deren Entstehung schon Darwin studiert hat, unterliegen ähnlichen Gesetzen, wie die grossen Dünen; sie sind also keine spezifische Wassererscheinung, wie seinerzeit angenommen worden war Zu den kleineren Oberflächenformen der Sandwüste sind endlich noch die Regenspuren und Tierfährten zu rechnen. In wenngleich untergeordnetem Masse beteiligen sich auch Oolithkörner an dem Aufbaue der Dünen; dieselben stammen aus marinen Absätzen und werden in entfernte Gebiete verweht.

Die Kieswüste stellt sich dar als eine durch Deflation eingeebnete Felslandschaft, deren Trümmer vom windbewegten Sande poliert werden und dadurch ein fettig glänzendes Aussehen an-

Digitized by Google

nehmen. Der Sand rieselt fortwährend in sich verzweigenden und wieder vereinigenden Strömen zwischen den grösseren Fragmenten weiter und giebt dadurch auch Veranlassung zur Entstehung der vielbesprochenen Dreikanten, für welche Walther die Bezeichnung Facettengerölle vorschlägt. Der Name Facettengerölle bringt insofern die Bildungsart jener merkwürdigen Formen besser zum Ausdrucke, als die Kanten erst eine sekundäre, durch den Schnitt zweier Facetten entstandene Erscheinung bilden. In der Regel geben nur homogene Gesteine, in Egypten vorwaltend die dichten Kreidekalke, zur Bildung der Facettengerölle Veranlassung, während minder homogene, besonders polychrome Gesteine durch die Einwirkung der Insolation Risse erhalten, um schliesslich zu zerfallen. Eine weitverbreitete Wüstenerscheinung, welcher fast alle Gesteine unterliegen, wird von Walther als braune Schutzrinde bezeichnet. Dieselbe tritt insbesondere auf belichteten Flächen auf und schützt das Gestein vor weiterer Verwitterung. In bezug auf die Erklärung der braunen Schutzrinde, die sich durch einen hohen Mangan- und Eisengehalt auszeichnet, vermag der Autor nur Vermutungen auszusprechen. Die genannten färbenden Bestandteile der Rinde scheinen ihm nicht aus der Gesteinmasse zu stammen und würden etwa durch den herbeigewehten Thonstaub oberflächlich abgesetzt; dabei dürfte ein gewisser Kieselsäuregehalt des Gesteins mit eine Rolle spielen. Höchst eigentümliche Gebilde treten uns in den sogenannten Säulengängen und Pilzfelsen entgegen, deren Entstehung vielleicht auf die braune Schutzrinde zurückzuführen ist, indem die schützende Rinde stellenweise durch Erosion oder Verwitterung entfernt wird, so dass an jenen Stellen der Deflation freies Spiel gegeben ist. Säulengänge und Pilzfelsen lassen einen genetischen Zusammenhang erkennen und können im nubischen Sandsteine, im Numulitenkalke, ja selbst in Schotterablagerungen auftreten. Walther wendet sich nun den versteinerten Hölzern der Wüste zu, welche verschiedenen Erdepochen angehören und verschiedenen Bildungsvorgängen ihre Entstehung verdanken. Man unterscheidet vorfossile (cretaceïsche) und nachfossile (eocäne) Hölzer. Das versteinerte Holz des nubischen Sandsteines scheint durch wandernde Dünen entstanden zu sein, während sich die neogenen Kieselhölzer des grossen versteinerten Waldes bei Kairo nach der Ansicht von Schweinfurth auf Geysirbildungen zurückführen lassen.

Der Salzgehalt der Wüste galt besonders bei der Sahara als Beweis voreinstiger Meeresbedeckung, ohne dass man freilich damit eine Erklärung für die grosse Ausdehnung der völlig salzfreien Wüstengebiete geben konnte. Bezüglich des Salzvorkommens in den Küstengebieten, welches an lehmbedeckte Niederungen gebunden ist, dürfen wohl negative Strandverschiebungen zur Erklärung herangezogen werden. Schwieriger gestaltet sich die

Digitized by Google

Erklärung des Salzgehaltes im Inneren der Wüste. Wahrscheinlich stammt derselbe in erster Linie aus den weitverbreiteten jüngeren Meeresablagerungen der Wüste, welche vermöge der geringeren Niederschläge noch nicht so sehr ausgelaugt worden sind, als die marinen Absätze anderer Gegenden. Aber auch die Kreideschichten und das Eocän mögen mit ihrem Salzgehalte beitragen, die Verbreitung des Wüstensalzes zu besorgen. So zirkuliert das Salz innerhalb der Wüste und sammelt sich in Vertiefungen an, woselbst es durch die seltenen Regengüsse eingeschwemmt wurde. Auch die Ölflecken Darwin's stellen sich als hygroskopische Effloreszenzen dar, durch welche unterirdische Felsriffe und Mauerreste aus salzhaltigem Gesteine genährt werden.

Die Morphologie der Wüste muss als eine Wirkung spezifischer Wüstenkräfte bezeichnet werden, aber die rätselhaften Erscheinungen, welche uns dort entgegentreten, setzen in ihrer Erklärung keine der heutigen Wüste fehlenden meteorologischen Kräfte voraus. Es ist daher kein Grund vorhanden, eine wesentliche Änderung des Klimas anzunehmen, um die charakteristischen Wüstenerscheinungen darauf zurückführen zu können. Auch die verfügbaren historischen Anhaltspunkte schliessen eine derartige Annahme, mindestens für die Dauer vieler Jahrtausende aus. In einem Rückblicke weist der Verfasser auf die zwei grossen Wüstenzonen hin, welche den Erdball in einer zwischen dem Tropengürtel und der gemässigten Zone gelegenen Region umgeben und solcher Art ihre Abhängigkeit von klimatischen Faktoren kundgeben. Diese Gesetzmässigkeit äussert sich auch bei der Betrachtung eines einzelnen Wüstengebietes. Es drängt sich dabei die Ansicht auf, dass die Verbreitung der Wüstenregion ebenso an meteorologische Gesetze gebunden ist, wie etwa die Grenzen eines Glazialgebietes, und dass wir sonach die Möglichkeit des Vorkommens von äolischen Sedimenten, d. h. fossiler Wüsten, abgelagert mitten zwischen marinen oder Binnenseebildungen, voraussetzen müssen. Das durch Insolation, Verwitterung und Sandgebläse zum Transporte vorbereitete Material wird durch die Deflation entführt, kommt an geeigneter Stelle zur Ruhe und häuft sich dort zu äolischen Sedimenten auf. Andererseits aber sehen wir bis zu 6000 Fuss hohe Granitberge ohne Spur von Schutthalden, tief eingeschnittene Uâdis ohne Geröll-lager und steil aufragende Zeugen ohne schuttumkleideten Fuss. Erscheinungen, welche weder durch die erodierende, noch durch die transportierende Kraft des Wassers zu erklären sind. Die sonderbaren Oberflächenformen der Wüste sind nicht das Produkt von unbekannten, fremdartigen Kräften, sie entsprechen nur einer Verschiebung der bekannten meteorologischen Agenzien, welche hier in bezug auf ihre Intensität anders gruppiert erscheinen. Anders kombinierte Kräfte erzeugen hier andere Wir-

Digitized by Google

kungen, aber kein Grund zwingt uns zur Annahme, dass ehedem andere Gewalten der Wüste ihren Stempel aufgedrückt haben[1]).

Die Wanderdünen Nordafrikas sind von A. Parran studiert worden[2]). Derselbe unterscheidet zwei Klassen wandernder Sandmassen, nämlich Flugsandebenen und Sandberge. Erstere sind verderblich, insofern sie Sümpfe und Fieber erzeugen; die wandernden Sandhügel dagegen können unter Umständen nützlich werden. Wenn dieselben auf undurchlässigem Boden ruhen, so treten die auffallenden Niederschläge an ihrem Rande in Gestalt von Quellen reinen Wassers zu Tage, eine vielbegehrte Spende in Gegenden, wo das Wasser durchgängig mehr oder weniger salzig ist. In Tunis erreichen die Dünen bisweilen 200 *m* Höhe; sie bestehen aus verwittertem, tertiärem und quartärem Sandsteine. In der westlichen Sahara erreichen nach Quiroga[3]) die Dünen nur selten 10 *m* Höhe, obgleich der Wind bei Tage oft mit Sturmesstärke weht und gewaltige Staubmassen mit sich führt. Alle vorhandenen Brunnen liegen in tiefen Stellen des Bodens, ihr Wasser ist meist schwefel- oder salzhaltig. Für die Bildung der Dünen ist, wie Rolland schon vor Jahren (1881) nachwies, und worauf er neuerdings zurückkommt[4]), Unebenheit auf dem festen Boden hauptsächlich bedingend, indem solche Unebenheiten der Bewegung des Flugsandes ein Hindernis entgegenstellen und letzteren dadurch zur Anhäufung veranlassen.

Das Karwendelgebirge ist Gegenstand einer grossen Monographie von Dr. A. Rothpletz geworden, die von einer Karte begleitet ist, welche auf geologischen Aufnahmen beruht, die im Auftrage des Zentralausschusses des deutschen und österreichischen Alpenvereins neu ausgeführt worden sind. Diese Karte ist die erste grösseren Massstabes (1:50000), welche von einem Teile der Ostalpen veröffentlicht wurde.[5]) Diese Karte ist auch in topographischer Beziehung überaus wertvoll, indem das bisherige Kartenmaterial bezüglich des Karwendelgebirges sehr unzulänglich war.

Im Westen und Norden ist das Karwendelgebirge vom Isarthal, im Süden vom Innthal und im Osten vom Achenthal begrenzt. Letzteres war früher ein Seitenthal des Innthales, hat sich aber infolge der Abdämmung des Achensees zu einem Seitenthale der Isar umgewandelt, so dass gegenwärtig fast alle Gewässer, die im Westen, Norden und Osten aus dem Karwendel-

[1]) Darstellg. v. G. Geiger in den Mitteil. der geogr. Ges. in Wien 1891. p. 106—112.
[2]) Bull. soc. géol. de France 1890. p. 245 ff.
[3]) Anal. Soc. Esp. de Hist. Nat. 18.
[4]) Compt. rend. Soc. géogr. Paris 1890. p. 114 ff.
[5]) Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins, Separat-Abdruck. München 1888.

Digitized by Google

gebirge abfliessen, in die Isar rinnen. Mit Recht kann man darum dieses Gebirge als das Quellengebiet der Isar bezeichnen. Zum Inngebiete rechnet nur der schmale Streifen, welcher durch eine Linie begrenzt wird, die man vom Stanserjoch über die Gipfel der Ketten bis zum Solstein in ungefähr paralleler Richtung zum Inn zieht. Der Boden des Innthales liegt etwa 350 *m* tiefer als der des Isarthales. Das Gefälle der Seitenbäche ist deshalb gegen den Inn ein viel grösseres als gegen die Isar. So beträgt z. B. das Gefälle des Wassers zwischen Haller Anger und Scharnitz 5% der Länge, das des Rissbaches zwischen Loch im Grund und der Einmündung in die Isar 3%; dahingegen das des Weissenbaches im Hallthale 10% und das des Vomperbaches 9%. Trotz dieses stärkeren Gefälles haben sich die Innzuflüsse lange nicht so weit nach rückwärts eingeschnitten als die Isarbäche, und man erkennt schon daraus, dass es durchaus nicht die Erosionskraft des fliessenden Wassers allein war, welche Länge und Richtung der Thäler bestimmt hat. Gletscher und Firnfelder fehlen dem Karwendelgebirge gänzlich, und es giebt nur einige schattige Stellen am Fusse steiler Felswände oder in den Tiefen der Felskare, an denen Schneeflecke im Sommer wie im Winter aushalten. Die höhere Region der nackten Felsmassen entbehrt darum meist der Quellen und der andauernd fliessenden Bäche, da die atmosphärischen Niederschläge rasch in den Klüften und Spalten der Kalkfelsen verschwinden. Um so ergiebiger treten sie am Fusse der grossen Bergmassen aus dem mächtigen Mantel der lockeren Schuttmassen als starke kalte Quellen hervor, wie z. B. „bei den Flüssen“ im Hinterauthale, beim Brünndl im Karwendelthale oder bei der unteren Kälberalpe bei Mittenwald; oder sie sammeln sich an thonigen Gesteinsschichten im Gebirge an und treten als „Schichtquellen“ da zu Tage, wo diese Schichten ausstreichen. Besonders quellenreich sind darum die Raibler, Kössener und Neocomschichten. Aber auch da, wo auf grossen Gebirgsspalten thonige Schichten in die Kalkfelsen eingebrochen sind, sammelt sich das Wasser auf diesen Spalten und bricht sprudelnd hervor, wie z. B. in der oberen Sulzleklamm. Dr. Gruber hat auf Veranlassung des Zentralausschusses die Quellen des Isarursprunges einer genauen Untersuchung unterzogen und seine Ergebnisse im Jahresberichte der Geographischen Gesellschaft zu München 1887 veröffentlicht. Die Temperaturen von 19 gemessenen Quellen in Höhen von 1150 bis 1750 *m* liegen danach zwischen 2.5 bis 6° C.

Dr. Rothpletz giebt zunächst eine geologische Beschreibung des Karwendels, die sich auf die Berichte stützt, welche von einer Anzahl Geologen (Prof. v. Zittel, Dr. Clark, Ed. Fraas, G. Geyer, O. Jaekel, O. Reis, R. Schäfer) und ihm selbst von dem etwa 12 Qu.-Meilen grossen Gebiete geliefert worden sind. Bezüglich dieses Teiles muss auf das Original verwiesen werden, ebenso bezüglich einer grossen Anzahl von Thatsachen über den

Digitized by Google

Bau des Karwendels, dagegen werden die Hauptresultate über die Entstehung des letzteren, soweit sie von Dr. Rothpletz als Deutung aus den thatsächlichen Verhältnissen abgeleitet werden, hier zu erwähnen sein. Die Schichten sind im allgemeinen in Zügen angeordnet, die von Ost nach Westen streichen und sich bald nach Norden, bald nach Süden neigen. „Längs einer von Mittenwald nach dem Stanserjoche laufenden Linie herrscht entgegengesetztes Einfallen (Antiklinale oder Sattelaxe), während gegen zwei längs der Gleierschkette und von Mittenwald nach Achenkirchen gezogenen Linien (Synklinale oder Muldenaxe) die Schichten von beiden Seiten einfallen. Die drei Linien sind untereinander annähernd parallel und sind der Ausdruck der mulden- und sattelförmigen Zusammenfaltung, welche fast allerorten in den Alpen in mehr oder minder ausgeprägter Form zu beobachten ist. Es ist ein wesentlicher Zug alpinen Gebirgsbaues. Störungen der Regelmässigkeit dieser Falten sind durch die gebrochene Richtung der Anti- und Synklinalen angedeutet. Sie sind Folge zahlreicher Brüche und Verschiebungen, welche die Falten als solche betroffen haben, weshalb sie sich als jüngere Bildungen ausweisen.

Dem Alter nach lassen diese Brüche selbst wieder eine Unterscheidung zu, und zwar erscheinen die Längsbrüche im allgemeinen als die älteren, weil, wo immer Querbrüche mit ihnen in Verbindung stehen, sie von diesen durchschnitten und verworfen werden

Eine ganz andere Stellung nimmt jedoch eine Anzahl von Brüchen ein, welche in keine augenscheinliche Beziehung zum Faltenbau zu bringen sind, weil ihr Streichen völlig unabhängig von der Richtung der Anti- und Synklinalen ist, und weil die Hebungen und Senkungen, zu denen sie Veranlassung gegeben haben, häufig denjenigen, welche durch die Faltung hervorgerufen wurden, gerade entgegesetzt sind.

Diese Hebungen und Senkungen sind älter als der Faltungsvorgang. Die in den Nordflügel des triasischen Schichtgewölbes eingesunkenen Jura- und Kreideschichten des Gütenberges hätten nicht die Form einer überkippten Mulde annehmen können, wenn die Einsenkung erst nach oder während der Sattelbildung stattgefunden hätte, und ebenso unwahrscheinlich ist es, dass die Hebungen und Abquetschungen der Myophorienschichten längs der vorderen Karwendelkette erst so spät erfolgt seien, da dieselben, auf jüngeren Schichten ruhend, gänzlich aus ihrem ursprünglichen Zusammenhange herausgerissen sind.

Der Faltungsvorgang des Karwendelgebirges hat, wie die Entstehung des Alpengebirges überhaupt, gegen das Ende der Tertiärzeit seinen Anfang genommen. Spuren derjenigen Bewegungen, welche vor dieser Zeit, also zu Ende der Kreide- und zu Anfang der Tertiärzeit, den alten Meeresboden erfasst haben

Digitized by Google

und zur Bildung von Festland mit steilen Felsenufern führten, dürfen wir darum in den erwähnten, dem Faltungsprozesse vorausgehenden Hebungen und Senkungen sehen."

Die oberen Enden sehr vieler Thäler haben eine besondere Ausbildung. Sie laufen nicht allmählich gegen den Bergkamm oder die Wasserscheide aus, sondern sie enden am Fusse von Steilwänden, von welchen sie mehr oder weniger halbkreisförmig umgeben sind. Man nennt sie Kare, und sie gehören zu den charakteristischsten landschaftlichen Eigenheiten des Karwendelgebirges. Ihre Erklärung ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, da sie bisher geologisch noch zu wenig untersucht worden sind. Die Ergebnisse lassen sich in folgendem zusammenfassen. „Die Felsenkare des Karwendels sind zwar die oberen Enden von Thälern, aber sie sind tot, die Erosion steht still in ihnen; nur nach starken Regengüssen oder beim Schmelzen des Schnees fliesst Wasser auf ihrer Sohle in das tiefere Thal ab, doch es führt nur wenig von dem Schutte hinaus, welcher sich in Form gewaltiger Schuttkegel und -halden im Inneren der Kare am Fusse der Steilwände als Produkt der Felsverwitterung und Zerberstung im Laufe der Jahre fort und fort ansammelt. Die Felsen selbst sind stark zerklüftet, die Kluftflächen zu klaffenden Spalten erweitert, die sich oft höhlenartig ausdehnen. Fast alle atmosphärischen Niederschläge, welche der Region der Felskare zukommen, verschwinden rasch in diesen unterirdischen Kanälen, die sie immerfort erweitern, weil deren Kalkstein- oder Dolomitwände vom kohlensäurehaltigen Wasser aufgelöst werden. Erst in tieferen Regionen treten diese Wasser entweder da, wo thonige Schichten ihnen den Weg versperren, oder auf der Sohle der grossen Abflussthäler als Quellen wieder zu Tage. Es gab aber eine Zeit, wo die Kalke und Dolomite noch nicht so zerklüftet waren, und reichliche Wassermengen in den Räumen und auf den Sohlen der Kare zirkulierten. Der letzte Abschnitt dieser Periode fällt in die Eiszeit, in welcher dieser Teil der Alpen zumeist von Schnee und Eis bedeckt war.

Alle Felskare tragen die Spuren ehemaliger Gletschererfüllung offen zur Schau: flache, breite, oft terrassenförmig ansteigende Böden, steile Seitenwände, geglättete, geschrammte Felsenoberflächen oft in Form von Rundhöckern, auf denen nicht selten Moränen mit geschrammten Geschieben ausgebreitet liegen. Diese Kare sind alle nahe den Wasserscheiden gelegen und waren darum zur Eiszeit teils von Firnschnee, teils von den oberen Enden (Anfängen) der Gletscher ausgefüllt.

Ausser diesen „Felskaren" giebt es im Karwendel andere Thalenden, welche ebenfalls von mehr oder weniger ringförmigen Wänden nach oben abgeschlossen sind, die sich aber nicht im Zustande der Verschüttung befinden. Die Auswaschung durch fliessendes Wasser geht regelmässig vor sich, und die Gehänge

Digitized by Google

werden von einer ihrer Höhenlage entsprechenden Vegetation bedeckt. Auch diese Kare waren zur Eiszeit von Gletschern erfüllt, aber ihre den Felskaren ähnliche Form ist seither durch Verwitterung und Erosion vielfach entstellt worden. Diese Kare, welche man „Altkare“ nennen möchte, sind nicht ausschliesslich in reinen Kalk oder Dolomit eingegraben, sondern ihre Wände und Böden bestehen vielfach aus thonigen, mergeligen oder sandigen Schichten, welche, weniger durchlässig, das Wasser der atmosphärischen Niederschläge in grösseren Mengen oberflächlich thalabwärts führen. Sie erreichen zum Teile dieselben Meereshöhen wie die Felskare und liegen wie diese nahe den Wasserscheiden.

„Oft enden die Thäler nach oben in eine Reihe nebeneinander liegender Kare, die sich nach unten vereinen und dann jene gewaltigen Sammelkare bilden, wie sie in ausgezeichneter Weise im Moserkare und Rossloche sich darstellen. Ist aber nur ein Teil der Kare in reinem Kalke, der andere in thonige und mergelige Gesteine eingegraben, so hat sich auch nur jener Teil als Felskar erhalten, während dieser durch Erosion weiteren Veränderungen entgegengeführt wurde. Solcher Fall wird in klarster Weise durch das Karalplthal dargestellt, in dessen Hintergrund drei Felskare (Damm- und Mitterkar und Kar unter dem Wörner) in Wettersteinkalk und Muschelkalk eingegraben, ihre Form aus glazialer Zeit erhalten haben, während der Vordergrund, aus Raibler Schichten, Hauptdolomit und Plattenkalk zusammengesetzt, durch eine dichte Waldbedeckung, tief eingeschnittene und erweiterte Thalfurchen und grossen Wasserreichtum ausgezeichnet ist. Trotz der grossen landschaftlichen Verschiedenheit dieses Teiles gegenüber den hinteren Felsenkaren erkennt man in den kreisförmig geschlossenen Höhenzügen des Steinkarlgrates und Schwarzkopfes einerseits und des Ochsenbodens andererseits noch deutlich die ehemalige Umwallung eines grossen Kares, dessen hochgelegener Boden stellenweise noch da erhalten ist, wo am Ausgange der hinteren Felskare auf der Höhe des waldigen Rückens fest versinterte Moränen und Schuttmassen späterer Erosion Widerstand geleistet haben. Der Beginn der Thalbildung im Karwendel reicht jedenfalls in die erste Zeit der alpinen Hebung zurück, und wir haben darum auch keinen Grund zur Annahme, dass die Kare auschliesslich Erosionsergebnisse der Gletscher seien. Gletschererfüllung war nur ein vorübergehender Zustand, der seine Spuren in einigen Fällen (Felskare) bis heute zurückgelassen hat, während dieselben in anderen Fällen stark verwischt worden sind. Wie die Thalsenken im allgemeinen, so sind auch im einzelnen die Kare durch die Gebirgsbewegungen selbst vielfach angelegt und hervorgerufen worden“.

Die Crau-Ebene (Plaine de la Crau), die provençalische Sahara, war Gegenstand einer Darstellung von Dr. G. Berndt [1].

[1]) Zeitschr. f. wissensch. Geographie. 8. p. 146 u. ff.

Digitized by Google

Spezieller beziehen sich seine Erörterungen auf die sogenannten Grand Crau d'Arles. Sie stellt in ihren äusseren Umgrenzungslinien ein nahezu gleichschenkeliges Dreieck dar, dessen Spitze bei Arles zu suchen ist, nicht weit von der Stelle, wo der Rhônestrom bei Fourques in die beiden Mündungsarme des Petit Rhône und des Grand Rhône sich teilt, welche das Deltaland der Camargue umschliessen. Der nördliche Schenkel dieses Landdreiecks wird von einer Linie gebildet, die, am Südhange der Alpinen entlang laufend, Arles mit Eyguières verbindet; der andere von Nordwest nach Südost gerichtete Schenkel dieses Dreiecks kann zur Darstellung gebracht werden durch eine am linken Ufer des Grand Rhône entlang laufende Linie, welche Arles mit Fos verbindet. Eine dritte, die Orte Fos und Eyguières verbindende Gerade repräsentiert die Basis des Dreiecks, welche sich an die isolierten, die Ufer des Etang de Berre umgebenden Höhenzüge von Saint Mitre, Istres und Saint Chamas anlehnt.

„Dieses merkwürdige Stück Land wird in zwei nahezu gleiche Stücke geteilt durch die von Lyon nach Marseille führende Eisenbahn, welche die Crau ihrer ganzen Länge nach von Arles bis Miramas in schnurgerader Linie durchzieht und gewissermassen die von der Spitze auf die Basis des gleichschenkeligen Dreiecks gefällte Normale darstellt. Die Oberfläche der Crau ist keineswegs vollkommen horizontal; dieselbe senkt sich vielmehr ganz allmählich von Norden nach Süden in der Weise, dass das Niveau des Bodens von einer Seehöhe von 30 bis 40 *m*, welche er am Südfusse der Alpinen erreicht, nach den Sümpfen zu, welche die Crau vom Meere trennen, bis zu einer solchen von nur wenig Metern über dem Meere sich erniedrigt. Sie zeigt auch leichte Depressionen, welche, obgleich sie grösstenteils dem Auge sich entziehen, doch erheblich genug sind, um bei der künstlichen Bewässerung des kultivierten Areals berücksichtigt werden zu müssen. Die bedeutendste dieser Bodensenkungen ist das Thal von Fanfarigoule, welches in der Nähe von Rassuen fast an der Grenze des Steintrümmerreviers sich befindet und eine Tiefe von 33 *m* aufweist.

Dieses ganze zwischen Arles, Eyguières und Fos gelegene dreieckige Stück Land ist nun mit Myriaden von Steinen bedeckt, welche nach ihrer äusseren Form und Gestalt ebenso verschieden sind wie nach ihrer inneren mineralogischen Zusammensetzung. Die meisten dieser Craukiesel sind eiförmig gestaltet und variieren in der Grösse von der Dicke einer Männerfaust bis zum Umfange eines Pferdekopfes oder eines grossen Kürbis. Auf der Aussenseite sind diese Kiesel braun, grau, gelblichweiss oder dunkel rostfarben, im Innern aber sind sie meist weiss; ihre Masse ist hart, kompakt und feinkörnig und zeigt zuweilen ein schwammig lockeres oder in Platten sich sonderndes Gefüge, das unverkennbar auf einen voraufgegangenen Zersetzungsprozess hindeutet.

Digitized by Google

Viele sind auf ihrer Oberfläche mit einem Überzuge von grünen und gelben Flechten bedeckt, aus welchem sich mit Sicherheit schliessen lässt, dass sie älter sein müssen als die zwischen ihnen liegenden Rollkiesel späterer Alluvionen, deren glatte und glänzende Oberfläche der Verwitterung bisher mit Erfolg widerstanden und daher auch jenen ersten Ansiedlern und Pionieren einer sich bildenden Vegetationsdecke noch keine Freistatt gewährt hat."

Die Entstehungsweise der Crau ist noch immer nicht endgültig entschieden. Nach Martins wäre sie gleich den Dünen des Ufersaumes auf Kosten der Moränen des ehemaligen Durancegletschers und der ungeheuren Massen älterer Anschwemmungen, die das Bett dieses Gletschers erfüllten, gebildet worden. Die Crau wäre sonach nichts anderes als ein ungeheurer Schuttkegel, ein grosses geneigtes Stromdelta, und das ganze Thal der Durance von den Alpen des Dauphiné bis zum Défilé von Lamanon das Sammelbecken des in ihm angehäuften dislozierten Gesteins. „So plausibel diese Annahme eines Transports der Craukiesel durch die Gewässer der Durance auch erscheinen mag, so mannigfach und gewichtig sind die Bedenken, welche gegen die Richtigkeit dieser Theorie sich erheben, wenn man dieselbe den Thatsachen gegenüberhält und das Terrain der Crau nach seiner geologischen Zusammensetzung mit vorurteilsfreiem Blicke untersucht. Coquand hat dies in ebenso gründlicher als scharfsinniger Weise gethan."

Alles zusammenfassend, findet Berndt folgendes. „Die Ebene der Grande Crau von Arles ist aus zwei ganz verschiedenen Schichten von Nagelfluegesteinen zusammengesetzt. Die untere, in welcher Kalkblöcke als Einschlussobjekte vorwiegen, ist gehoben, marinen Ursprungs, gehört geologisch zur subapenninen Formation und entstand gleichzeitig mit dem oberen lakustren Tertiärterrain der Basses-Alpes. Die obere Schicht ist nicht gehoben, besteht aus Kiesel-, Granit-, Porphyr-, Serpentin-, Euphotit-, Variolit-, Amphibol- und Quarzitgesteinen, denen nur selten Kalkblöcke beigemischt sind, gehört der quaternären Periode an und ist ein Produkt des Rhônestromes. Die quaternären Kiesel der Crau bieten eine Sammlung all der Gesteinsarten dar, welche in den Thälern der Alpen anstehend zu finden sind, die dem Rhône ihre Gewässer zusenden. Die dem Durancegebiet entstammenden Stücke sind darunter nur sehr schwach vertreten, und was wirklich den Alpen des Durancesystems zuzuweisen ist, das ist nicht etwa unmittelbar von den Gewässern dieses Flusses durch den Engpass von Lamanon nach der Crau transportiert, sondern zunächst erst in das Bett des Rhône hinabgeführt und erst von da aus um das Westende der Alpinen herum nach der Grande Crau von Arles geschafft worden. Dass die Gewässer des Rhône thatsächlich im stande waren, ein so gewaltiges Geschiebematerial bis hierher zu transportieren und in solcher Höhe über dem gegenwärtigen Stromniveau abzulagern, das erklärt sich unschwer

Digitized by Google

aus der längst nicht mehr bezweifelten Existenz ungeheurer Gletscherströme, die zu Anfang der quaternären Periode den grössten Teil der Alpen und des Jura bedeckten und auch im Rhônethale bis in die Gegend von Donzère herabreichten, wo noch jetzt ein gewaltiger, Pierrelatte genannter Moränenblock, an welchen ein Dorf gleichen Namens sich anlehnt, Zeugnis von dem einstigen Vorhandensein dieses mächtigen Eisstromes ablegt[1]. Das Schmelzen dieses gewaltigen, das ganze obere und mittlere Rhônethal füllenden Gletschers musste die Gewässer des aus ihm abfliessenden Stromes derart anschwellen, ihr Niveau so bedeutend erhöhen und ihre Geschwindigkeit in einer Weise beschleunigen, dass sie recht wohl in den Stand gesetzt werden konnten, Moränenblöcke von so gewaltigen Dimensionen, wie sie nicht nur in der Grande Crau von Arles, sondern auch weiter westlich im Litoral des Languedoc vielfach zu finden sind, auf so weite Strecken mit fortzuführen und in so ungeheuren Massen abzulagern. Es gehören sonach die fünf Depots von Rollmaterial, welche die Crauebene bilden, nicht weniger als fünf geologischen Perioden an, deren Produkte man scharf aus einander halten muss, wenn man über Zusammensetzung und Entstehung der Crau ins Klare kommen will."

3. Boden- und Erdtemperatur.

Die Bodentemperatur in Pawlowsk bei Petersburg wird seit 1879 dreimal täglich und seit 1888 noch häufiger an einer Anzahl von Thermometern beobachtet. E. Leyst hat diese Beobachtungen einer umfassenden Untersuchung unterzogen[2], und zwar sowohl rücksichtlich der Aufstellung und Beobachtungsweise der Bodenthermometer als auch der Bewegung der Bodentemperatur selbst. Es ergab sich, dass zur Darstellung des mittleren jährlichen und täglichen Ganges der Bodentemperatur in der obersten Erdschicht (bis 2 *cm* Tiefe) erforderlich ist, stündlich zu beobachten, bis zur Tiefe von 40 *cm* genügen 2-stündliche Beobachtungen. Natürlich gelten diese Angaben zunächst nur für Pawlowsk.

Was die tägliche Periode der Bodentemperatur anbelangt, so ist dieselbe in einer Tiefe von 1.6 *m* bereits ganz verschwunden. Der tägliche Gang bis zu 1 *m* Tiefe ist verschieden vom täglichen Gange der Lufttemperatur, das Maximum am Boden tritt 1 Stunde und das Minimum $^1/_2$ Stunde früher ein. Die nichtperiodischen Schwankungen sind imSommer gering, im Winter aber gross. Wie zu erwarten, wirken Niederschläge

---

[1]) Falsan et Chantre, *Monographie géologique des anciens glaciers et du terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône, Paris et Lyon 1880.*

[2]) Repert. f. Meteorologie 13. No. 7.

erheblich auf die Bodentemperatur ein, besonders Gewitterregen. Der Einfluss eines solchen erstreckt sich bis zu Tiefen von 5 bis 10 *cm*. Nach dem Regen gleicht sich die Temperatur der obersten Schichten fast vollständig aus. Was die jährliche Periode der Temperaturbewegung anbelangt, so wird diese durch folgende Tabelle wiedergegeben, in welcher die Zahlen (mit Ausnahme der auf 6-jährigen Beobachtungen beruhenden für 3.2 *m* Tiefe) 10-jährige Mittelwerte sind. A. O. bedeutet äussere Erdoberfläche, I. O. innere; bei jener sind die Temperaturen durch ein horizontal auf Sand liegendes Thermometer erhalten worden, bei dieser durch ein solches, welches nur mit einer dünnen Sandschicht bedeckt war, so dass die Kugel durchschaute.

Jährliche Periode der Temperatur im Boden.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Luft	—8.98	—7.54	—5.92	1.79	8.70	14.07
A. O.	—9.23	—7.69	—4.66	4.02	11.58	18.45
I. O.	—9.13	—7.57	—4.71	3.78	11.19	18.21
0.01 *m*	—9.07	—7.52	—4.66	3.63	11.10	17.96
0.02	—8.97	—7.33	—4.59	3.46	10.77	17.56
0.05	—8.87	—7.40	—4.60	2.98	10.51	16.98
0.10	—8.41	—7.17	—4.56	2.48	9.89	16.39
0.20	—7.40	—6.52	—4.29	1.91	9.01	15.54
0.40	—4.98	—4.81	—3.33	0.88	7.26	13.96
0.80	—0.71	—1.61	—1.20	0.21	4.17	10.74
1.60	2.64	1.54	1.05	0.95	2.38	7.01
3.20	5.46	1.41	3.64	3.13	2.86	4.23

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr.
Luft	16.59	14.41	10.05	2.89	—2.16	—6.71	3.10
A. O.	20.14	16.94	10.89	2.44	—2.54	—7.06	4.44
I. O.	20.05	17.02	10.81	2.49	—2.49	—6.94	4.38
0.01 *m*	19.94	17.00	10.84	2.60	—2.37	—6.83	4.38
0.02	19.58	16.75	10.74	2.73	—2.17	—6.68	4.32
0.05	19.31	16.74	10.81	3.14	—1.50	—6.33	4.32
0.10	18.86	16.59	10.89	3.51	—0.84	—5.72	4.32
0.20	18.30	16.46	11.07	4.09	—0.01	—4.79	4.41
0.40	17.13	16.05	11.34	5.05	1.38	—2.49	4.79
0.80	14.53	14.65	11.54	6.68	3.35	1.02	5.28
1.60	10.61	12.35	11.53	8.80	6.23	4.16	5.76
3.20	6.48	8.37	9.19	8.87	7.81	6.60	5.92

Temperaturmessungen im Bohrloche zu Sauerbrunn in Böhmen sind von G. Puluj im Januar 1890 ausgeführt worden [1], und zwar mittelst des sogenannten Telethermometers. Das grösstenteils im Gneise niedergestossene Bohrloch war bis 70 *m* unter Tage verrohrt und bis 6 *m* unter Tage mit kohlensäurehaltigem Wasser gefüllt. Die Messungen wurden von 6 *m* bis 130 *m* Tiefe beim

[1]) Elektrotechn. Zeitschr. 1890. Nr. 52.

Digitized by Google

Niedersenken und beim Heraufziehen des Thermometers in der Axe des Bohrloches wie am Rande gemacht; ihre Mittelwerte zeigen von 6 *m* bis 12 *m* Tiefe ziemlich konstante Wassertemperatur, von 12 *m* bis 30 *m* ein rasches Ansteigen und von da an bis 130 *m* eine lineare stetige Zunahme der Temperatur. Unter der Annahme, dass bis 30 *m* die Temperaturschwankungen der Erdoberfläche sich geltend machen, wurden die Beobachtungen zwischen 30 und 130 *m* benutzt zur Ermittelung der Formel, nach welcher die Temperatur T mit der Tiefe h im Bohrloche zunimmt. Dieselbe ergab sich $T = 11.45908^0 + 0.031182(h-30)$, mit dem wahrscheinlichen mittleren Fehler der einzelnen Bestimmungen $\pm 0.06^0$ und dem des Resultates $= \pm 0.02^0$ C. Aus den Konstanten der Gleichung ergiebt sich die Tiefenstufe, welche einer Temperaturzunahme von 1^0 C. entspricht = 32.07 *m*.

Die Temperaturen im Inneren der obersten Erdschichten sind Gegenstand einer rechnerischen Untersuchung von H. Fritz gewesen[1]. Die beim Messen der Temperaturen der obersten Erdschichten in Bohrlöchern, Bergwerken und Tunnelanlagen erhaltenen Resultate weichen sehr von einander ab. Die Wärmeleitungsfähigkeit der Gesteine, der Einfluss eindringenden Wassers, die Zuströmung der Luft u. s. w. machen ihren Einfluss dabei geltend.

Die Resultate der als am zuverlässigsten angesehenen Messungen lassen sich durch die einfache Formel

$$t^2 = 1.8\ (T + 50)$$

darstellen, wenn t die beobachteten Temperaturen in Celsiusgraden, T die Tiefen in Metern bezeichnen.

Die Gegenüberstellung einiger berechneter und beobachteter Temperaturwerte mag die Richtigkeit darlegen.

Tiefe in Metern	Temperaturen berechnete	beobachtete	Ort der Beobachtung
T = 0	9.48°	9.50°	Mittel einer Anzahl Jahrestemperaturen mitteleuropäischer Orte
3	9.75	9.70	Dresden
27.6	11.80	11.60	Paris, Observatoire
223	22.16	21.60	Sperenberg, Bohrloch
414	26.89	26.60	" "
669	35.97	35.90	" "
828	39.75	39.40	" "
1266	48.68	45.25	Schladebach "
1390	50.90	48.10	" "
1506	53.02	52.88	" "
1626	54.91	55.—	" "
1716	56.50	56.63	" "

[1]) Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich. 1891. 36. p. 55.

Digitized by Google

Das **1268.6** *m* tiefe Sperenberg-Bohrloch in der **Mark Brandenburg wurde durch dasjenige von Schladebach bei Dürrenberg** in der **Provinz Sachsen** mit **1748.4** *m* (bei **1650** *m* **unter** der **Meeresoberfläche) überholt. Die in letzterem erhaltenen Temperaturbestimmungen, namentlich in dem unteren Drittel, werden für besonders zuverlässig angesehen. In dem ersteren Bohrloche betrug die Maximaltemperatur** 48.1° C., **während** die obige **Formel 48.7°** ergiebt.

Graphisch aufgetragen liegen die beobachteten Temperaturwerte nahe auf einer parabolischen Kurve. Die älteren Werte, wie diejenigen aus Gruben und Tunneln bleiben für die gleichen Tiefen unter obigen Werten.

Beispielsweise ergaben:

Tiefe	Temperatur	Ort der Beobachtung	
209.0 *m*	17.4 °	Bex	Bohrloch
218.0 „	17.25	Rüdersdorf (Mark Brandenb.)	„
528.0 „	27.75	Neusalzwerk	„
738.5 „	34.0	Orley Mines	Bergwerk

Es bleiben die Temperaturen der Bohrlöcher um **4**, diejenige der Orley Mines (England) um **3.5°** gegenüber den sich durch die Formel ergebenden Werten zurück. Für die Beobachtungen im Gotthardtunnel bei **1300** *m* mittlerer Überlagerungshöhe ergab sich eine Temperatur von **30.5°**, während im Mont-Cenis-Tunnel bei **1550** *m* Überlagerung **31°** gemessen wurden. Hier betragen die Abweichungen gar **18°**. In den Kohlenzechen St. André du Poirier, **Frankreich**, steigt sogar bei **1000** *m* Tiefe die Temperatur selten über **19°**, während sie nach obiger Berechnung im Gesteine **42°** betragen sollte.

Die Temperatur des gefrorenen Bodens (bleibender Eisboden) beträgt, bei einer mittleren Lufttemperatur von — **9.7°** bei Jakutsk

in	15.2 *m*	Tiefe	— 7.8°
„	36.3 „	„	— 5.0°
„	116.4 „	„	— 0.6°.

Es nimmt somit bei **116.5** *m* Tiefe die Temperatur um **9.1°** nach unten zu. Nach obiger Formel sollte sie nur um **7.84°** zunehmen.

In allen diesen Fällen machen sich ungleiche Einflüsse geltend, wodurch sich die Zahlenwerte wohl ähnlichen, aber nicht den gleichen Formeln anschliessen lassen. Da ferner über das Innere der Erde nichts bekannt ist, und das tiefste Bohrloch noch verschwindend klein ist gegen den Erdradius von **6377** *km*, so kann nur als Resultat der Rechnung angesehen werden, wenn nach obiger sich gut an die als am zuverlässigsten geltenden Beobachtungswerte anschliessende Formel in **2220** *km* Tiefe eine

Digitized by Google

Temperatur von 2000°, im Erdmittelpunkte eine solche von 3385° herrschen sollte.

Von einer mittleren Temperaturzunahme auf eine bestimmte Tiefe zu sprechen, ist gerechtfertigt, nicht aber von einer solchen für unbestimmte Tiefen oder als allgemein geltende. Das Sperenberg-Bohrloch ergiebt bis 828 *m* Tiefe für je 27.3 *m* eine Temperaturzunahme von 1° C., dasjenige von Schladebach für je 36.5 *m* eine ebensolche. Für das Kissinger Bohrloch fände sich die geothermische Tiefe zu 26.9 *m*, da es bei 628 *m* Wasser von 32.8° auswirft. Nach obiger Formel sollte die Temperatur etwas höher, 33.4°, sein.

Beobachtungen der Bodentemperatur im naturhistorischen Museum zu Paris sind bereits von A. E. Becquerel begonnen worden, und Henry Becquerel hat sie bis zum Winter 1890—91 fortgesetzt. Einige Ergebnisse der letzteren teilt er in der Pariser Akademie mit [1]). Die Einrichtungen zur Messung der Bodentemperatur sind derart getroffen, dass thermoelektrische Kabel genaue Messungen in Tiefen von einigen Zentimetern bis zu 36 *m* unter der Erdoberfläche ermöglichen; ein Kabel liegt in einem Erdreiche, welches mit Sand bedeckt und kahl, das andere in gleichem Boden, der mit Rasen bepflanzt ist. Die meisten Beobachtungen erstrecken sich vom 1. November 1890 bis zum 31. März 1891. Die Temperaturen wurden täglich um 6 h morgens und 3 h nachmittags abgelesen und graphisch eingezeichnet.

An den so gewonnenen Kurven fällt zunächst eine grosse, vom 15. November bis zum 15. März reichende Temperaturschwankung auf, welche man in allen Tiefen, wenn auch mit abnehmender Amplitude und einer fortschreitenden Verzögerung, erkennt; für die tiefste Stelle beträgt die Verspätung 7 bis 8 Tage. Das Intervall zwischen dem ersten Maximum und dem Minimum der Temperaturkurve war im Mittel 52 Tage. Über diese Hauptschwankung lagern sich Temperaturschwankungen, deren Perioden zwischen 6 und 20 Tagen liegen; auch diese Schwankungen sind mit abnehmender Amplitude in allen Tiefen erkennbar. Unter der nackten Oberfläche ist die Kurve für die Tiefe 0.18 *m* sehr ähnlich der Kurve der mittleren Lufttemperaturen; ihre Schwankungen werden nach der Tiefe schwächer und sind in 73 *cm* verschwunden. Unter dem Rasen verschwinden diese kurzen Oszillationen mit der Tiefe schneller, und die stärksten sind kaum noch in 30 *cm* bemerkbar. Aus diesem Charakter der Kurven kann man folgern, dass der Rasen an der Oberfläche in seiner Wirkung auf die Bodentemperatur einer Erdschicht von etwa 50 *cm* gleich kommt.

Die Tagesschwankung der Temperatur, welche in der Luft zuweilen 14° erreicht hat, ist in allen Tiefen bis 73 *cm* merklich

[1]) Comptes rendus 1891. **113.** p. 485.

Digitized by Google

durch eine Schwankung von einigen Zehntel Grad. In allen Tiefen ausser bis 18 *cm* unter dem nackten Boden ist die Tagesschwankung umgekehrt; d. h. die Temperatur sinkt von 6 h morgens bis 3 h nachmittags und steigt während der Nacht. Jede Temperaturschwankung pflanzt sich unabhängig von der anderen mit einer eigenen Geschwindigkeit fort.

Der Frost drang im allgemeinen im kahlen Boden bis über 73 *cm* vor, unter dem Rasen nur bis 30 *cm*, und zwar brauchte er unter dem kahlen Boden nur $2^1/_2$ Tage, um 18 *cm* Tiefe zu erreichen, $3^1/_2$ Tage bis 23 *cm*, und für die grösseren Tiefen war die Verzögerung mehr oder weniger gross: jede Tiefe hatte ihre besondere Verzögerung. Unter dem Rasen drang der Frost erst bis 5 *cm*, nachdem eine mittlere Lufttemperatur von -4^0 bis -5^0 19 Tage lang angehalten, und erst nachdem sie 30 Tage angehalten hatte, war die Temperatur hier unter 0^0 gesunken. Nach weiteren 3 Tagen drangen dieselben Schwankungen bis 10 *cm*; auch hier war das Vordringen des Frostes kein gleichmässiges, sondern für jede Periode ein verschiedenes. Am 31. Januar 1891 fand sich, mit Ausnahme der Schicht von 60 *cm* unter dem Rasen, überall die Temperatur Null. Von diesem Momente an während des ganzen Februar wiesen die Schichten von 18 bis 73 *cm* unter dem nackten Boden und von 5 bis 30 *cm* unter dem Rasen gleichmässig die Temperatur Null auf; eine während dieser Zeit eintretende, ganz beträchtliche Schwankung der Lufttemperatur war im Boden ganz unmerklich. Dann trat Erwärmung auf, und zwar in den tiefsten Schichten beginnend, während in den oberen Schichten die Temperatur ziemlich stationär blieb.

Ein eingehenderes Studium der während dieses Winters beobachteten Bodentemperaturen zeigte eine interessante Bestätigung der Fourier'schen Theorie von der Fortpflanzung der Wärme im Boden. Es war infolge dessen möglich, aus den Beobachtungen sowohl die Längen der Wärmewellen für die vorliegenden Versuchsverhältnisse als auch die Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens in dem bezüglichen Zustande der Feuchtigkeit und Dichte, in dem die Beobachtungen gemacht sind, zu berechnen. Für die Längen der Wärmewellen ergaben sich Werte, welche zwischen 1.867 *m* (im Januar, als der Boden mit Schnee bedeckt war) und 8.632 *m* (im November, Januar und von Februar bis März bei Tauwetter) schwankten. Die Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens wurde gleich 0.0040 gefunden.

Eine Änderung der Bodentemperatur je nach der Lage ist von F. v. Kerner nachgewiesen worden[1]). Schon

[1]) Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. i. Wien. Math.-naturw. Klasse 1891. **100.** II.

Digitized by Google

1867—69 hat Kerner sen. im Innthale systematische Beobachtungen der Bodentemperatur angestellt, und diesen reiht nun sein Sohn ebenfalls dreijährige Beobachtungen (1887—90) im Gschnitzthale in den Stubaier Alpen an. In beiden Reihen wurden die Temperaturen in 70 *cm* Tiefe in den 8 Hauptweltgegenden notiert. Die erste Beobachtungsstation lag in 780, die andere in 1340 *m* Seehöhe. Es ergab sich an beiden Orten, dass das Maximum sich von SW nach SO und das Minimum von O nach N verschiebt. Im Innthale fand sich das Maximum am 15. Februar S 55° W und am 20. Mai O 42° S, das Minimum am 7. Januar O 3° S und am 15. Mai W 83° N. Im Gschnitzthale das Maximum am 12. Dezember S 55° W und am 12. Mai O 40° S, das Minimum am 15. Januar O und 15. April, sowie 15. August N. In den einzelnen Expositionen tritt das Maximum am frühesten in N, am spätesten in SW, das Minimum am frühesten in SO, am spätesten in N bis NW ein. Die Jahresmittel der einzelnen Expositionen sind:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Innthal . .	9.5°	10.6°	11.3°	12.6°	12.6°	12.7°	12.2°	10.2°
Gschnitzthal	5.1	5.5	5.9	7.5	7.8	7.8	7.4	6.5.

4. Erdmagnetismus.

Bestimmung der erdmagnetischen Elemente im nordwestlichen Deutschland. In den Monaten August und September 1888, hat Dr. Eschenhagen die erdmagnetischen Elemente an 39 Punkten des nordwestlichen Deutschlands bestimmt mit Hilfe eines Bamberg'schen magnetischen Reisetheodolits[1]). Bei der Reduktion der Beobachtungen wurde als Epoche die Mitternacht vom 30. Juni und 1. Juli 1888 angenommen und die Werte der erdmagnetischen Elemente für diesen Moment aus den stündlichen Ablesungen der Registrierinstrumente zu Wilhelmshaven ermittelt. Diese letzteren sind:

Deklination 13° 34.3′ West
Inklination 67 59.7 Nord
Intensität 0.178 93 C. G. S.

Mittelst dieser Elemente ergaben sich für die übrigen Stationen, und zwar für die angegebene Epoche die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Werte:

[1]) Best. der erdmagn. Elemente an 40 Stat. im nordwestl. Deutschld Ausgeführt im Auftrage der Kaiserl. Admiralität. Berlin 1890.

Station	Länge O v. Gr. ° ′	Breite N ° ′	Werte für 1888 1. Juli 0h a. m. Deklinat. ° ′	Inklinat. ° ′	Intensität C. G. S.
Aachen	6 5.1	50 47.2	14 27.4	66 29.4	0.18852
Altona	9 57.0	53 34.0	12 32.6	67 47.9	0.18051
Amrum	8 23.4	54 38.0	13 41.9	—	0.17514
Bochum	7 13.7	51 29.4	13 52.8	66 45.0	0.18657
Bonn	7 5.8	50 43.7	13 58.7	66 14.4	0.18953
Borkum	6 40.4	53 35.1	14 19.7	68 18.6	0.17775
Braunschweig	10 31.7	52 16.4	12 6.6	67 59.4	0.18538
Brake	8 29.0	53 20.5	13 45.0	67 52.2	0.17984
Bremen	8 51.5	53 2.0	13 12.6	67 36.6	0.18104
Bremerhafen	8 30.4	53 32.8	13 31.0	67 58.2	0.17945
Detmold	8 51.4	51 55.3	13 7.6	66 49.8	0.18561
Dorum	8 30.0	53 52.0	13 12.6	—	—
Ellenbogen	8 26.7	55 3.2	13 48.3	—	—
Emden	7 11.7	53 22.3	14 15.5	68 5.4	0.17876
Giessen	8 40.6	50 34.4	13 6.2	65 58.8	0.19159
Göttingen	9 56.6	51 31.8	12 28.5	66 29.9	0.18806
Gotha	10 43.4	50 56.6	12 8.9	66 1.8	0.19104
Halle	11 55.5	51 30.0	11 21.4	66 10.2	0.19111
Hamburg	9 58.5	53 33.1	—	—	0.17909
Hannover	9 42.0	52 22.4	12 45.6	67 0.6	0.18489
Iserlohn	7 40.2	51 22.0	13 25.9	66 36.6	0.18692
Kassel	9 30.8	51 20.0	12 40.3	66 23.4	0.18885
Kleve	6 7.0	51 47.2	14 27.2	67 3.6	0.18469
Köln	6 58.4	50 58.0	13 57.4	66 23.4	0.18879
Krefeld	6 34.0	51 18.8	14 17.5	66 46.8	0.18697
Kuxhaven	8 42.5	53 52.4	13 9.9	68 3.4	0.17889
Leipzig	12 23.5	51 20.1	11 19.2	65 59.8	0.19118
List	8 26.5	55 1.5	13 48.2	—	0.17400
Magdeburg	11 40.1	52 8.0	11 42.1	66 52.6	0.18701
Marburg	8 46.7	50 59.6	13 6.0	66 8.4	0.19022
Meppen	7 18.3	52 42.2	13 50.4	67 37.8	0.18191
Münster	7 36.0	51 57.3	13 41.9	67 2.4	0.18527
Norderney	7 9.6	53 42.8	14 15.5	68 4.8	0.17838
Oberhausen	6 51.4	51 28.3	14 15.8	66 50.4	0.18629
Oldenburg	8 14.5	53 8.4	13 30.2	67 45.0	0.18032
Rheine	7 25.0	52 16.8	13 53.8	67 14.4	0.18419
Uelzen	10 33.7	52 58.3	12 12.6	67 21.0	0.18335
Wangeroog	7 53.0	53 47.3	13 46.0	68 9.6	0.17810
Wilhelmshaven	8 8.8	53 31.9	13 34.3	67 59.7	0.17893

Zur Ableitung der richtigen Säkularvariation wurden zum Vergleiche mit den vorliegenden nur die von Lamont 1858 gelieferten Bestimmungen herangezogen, jedoch die Stationen gruppenweise vereinigt, und zwar so, dass die Stationen zusammengefasst wurden, welche in einem Vierecke liegen, welches von zwei aufeinander folgenden Breitengraden und zwei gerade bezifferten Längengraden begrenzt wird. Dadurch entstanden 11 Vierecke, und die folgende Tafel zeigt deren Zusammensetzung:

Digitized by Google

Station	Jährliche Änderung		
	Deklin. ′	Inklin. ′	Intensität
Ellenbogen .	— 7.40	—	—
List . . .	— 7.40	—	+ 22.6
Amrum . .	— 7.27	—	+ 19.6
	— 7.36	—	+ 21.1
Borkum . .	— 8.00	— 1.39	+ 20.2
Norderney .	— 7.70	— 1.87	+ 22.2
Wangeroog .	— 7.75	— 1.59	+ 20.6
Emden . .	— 7.66*	— 1.53*	+ 20.3*
	— 7.78	— 1.60	+ 20.8
Kuxhafen .	— 7.80	— 1.73	+ 22.9
Dorum . .	— 7.91	—	—
Wilhelmshaven	— 7.74	— 1.52	+ 20.1
Bremerhaven	— 7.31	— 1.53	+ 20.8
Altona . .	— 7.40*	— 1.56*	+ 20.0*
Brake . . .	[— 6.98]	— 1.37	+ 19.6
Oldenburg .	— 7.73	— 1.54	+ 19.6
Bremen . .	— 7.45	— 1.58	+ 19.4
	— 7.62	— 1.55	+ 20.2
Meppen . .	— 7.92	— 1.45	+ 20.6
Rheine . .	— 7.49	— 1.50	+ 23.2
Münster . .	— 7.45*	— 1.65*	+ 21.8*
	— 7.62	— 1.53	+ 21.9
Hannover .	— 7.22*	— 1.61*	+ 19.6
Detmold . .	— 7.30	— 1.45	+ 20.6
	— 7.26	— 1.53	+ 20.1

Station	Jährliche Änderung		
	Deklin. ′	Inklin. ′	Intensität
Uelzen . .	— 7.45	— 1.34	+ 22.1
Braunschweig	— 7.32	— 1.20	+ 19.0
Magdeburg.	— 7.08	(- 0.97?)	+ 19.4
	— 7.28	— 1.27	+ 20.2
Kleve . .	— 7.56	— 1.29	+ 21.6
Oberhausen	— 7.55*	— 1.60*	+ 22.7*
Bochum . .	— 7.58	— 1.61	+ 21.8
Krefeld . .	— 7.36	— 1.58	+ 24.2
Iserlohn .	— 7.80	— 1.49	+ 19.7
Münster .	— 7.45*	— 1.65*	+ 21.8*
	— 7.55	— 1.54	+ 22.0
Detmold. .	— 7.30	— 1.45	+ 20.6
Kassel . .	— 7.31*	— 1.55*	+ 20.1
Göttingen .	— 7.13	— 1.31	+ 19.5
	— 7.25	— 1.44	+ 20.1
Halle. . .	— 7.17	— 1.47	+ 24.4
Leipzig . .	— 6.75*	— 1.52*	+ 21.4
Gotha . .	— 6.85*	— 1.59*	+ 20.5
	— 6.92	— 1.53	+ 22.1
Aachen . .	— 7.44*	— 1.88*	+ 23.3
Köln . . .	— 7.37	— 1.53	+ 23.6
Bonn . . .	— 7.19*	— 1.58*	+ 19.7
	— 7.33	— 1.66	+ 22.2
Marburg .	— 7.21	— 1.53	+ 20.0
Giessen . .	— 7.20	— 1.48	+ 22.9
	— 7.20	— 1.46	+ 21.4

Bei den mit einem * bezeichneten Werten sind die direkten Beobachtungen Lamont's benutzt.

Die magnetischen Elemente auf Helgoland sind neuerdings von Dr. Duderstadt bestimmt worden.[1]). Der Beobachtungspunkt liegt in 54° 11′ 3.5″ nördl. Br. und 7° 53′ 0″ östl. Länge v. Gr. Es ergab sich die Deklination für 1890.7 = 13° 36.60′ W, die Inklination für Sptbr. 1890 6.10^h Ortszeit = 68° 21.5′ N., die Horizontalintensität am selbigen Tage 8^h bis $8^1/_2{}^h$ = 0.177 335. Bei der Inklination und Horizontalintensität ist eine Reduktion auf Tagesmittel nicht ausgeführt.

Die Horizontalintentisät des Erdmagnetismus zu Katharinenburg ist von 1841 bis 1889 regelmässig bestimmt worden. Nach der Bearbeitung dieser Beobachtungen durch

[1]) Ann. der Hydrographie 1889, p. 519.

Müller[1]) zeigt dieselbe täglich 3 Maxima und 3 Minima, welche im Jahresdurchschnitte auftreten: Die Minima um $3^h 30^m$, $11^h 20^m$ und $18^h 35^m$; die Maxima um $5^h 20^m$, $17^h 40^m$, $22^h 30^m$; im Juni, Juli und August fehlen jedoch das zweite Maximum und das dritte Minimum. Ihre absolute Grösse variiert recht beträchtlich, denn während das zweite Minimum vom Februar bis Oktober das Hauptminimum ist, verschwindet es fast im Januar, November und Dezember; in diesen Monaten wird das dritte das Hauptminimum; das dritte Maximum am Abende bleibt im ganzen Jahre das Hauptmaximum. Obwohl die Variationen des Erdmagnetismus in der Regel mit wachsender Breite an Grösse zunehmen, sind die Amplituden für Katharinenburg (46° 50′ n. Br.) grösser als für Pawlowsk (59° 41′ n. Br.); wahrscheinlich ist diese Anomalie durch den grossen Gehalt an magnetischem Gesteine in dem Berge, auf welchem das Observatorium von Katharinenburg steht, bedingt.

Die Vergleichung der Grösse der Amplituden der täglichen Schwankung in den einzelnen Jahren mit den Relativzahlen der Sonnenflecke ergiebt für beide angenähert dieselben Maxima und Minima; doch ist sonst ein deutlicher Parallelismus nicht zu konstatieren.

Der jährliche Gang der Horizontalintensität zeigt ein Maximum im Juni und Juli und ein Minimum im Januar. Die Übersicht der Beobachtungen der ganzen Reihe von Beobachtungsjahren zeigt, dass in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts die Horizontalintensität im Observatorium zu Katharinenburg abgenommen hat.

Magnetische Beobachtungen im Lena-Gebiete hat E. Stelling im Sommer 1888 auf einer Reise nach Jakutsk angestellt.[2]) Sie ergaben das merkwürdige Resultat, dass für Jakutsk die westliche Deklination relat. 10° 3′ beträgt, ein Betrag, der niemals früher auch nur annähernd in Sibirien gefunden worden ist.

In Irkutsk betrug die Deklination 2° 16′ östlich.

Die säkulare Variation der magnetischen Deklination in den Vereinigten Staaten ist von Ch. A. Schott behandelt worden.[3]) Es werden für 109 Punkte die einzelnen Werte mitgeteilt und berechnet.

Magnetische Aufnahmen im östlichen Brasilien sind von Ryckevorsel und Engelenburg in den Jahren 1880—85 ausgeführt worden.[4]) Im ganzen sind Bestimmungen an nicht

---

[1]) Repert. f. Meteorologie **19.** No. 3.
[2]) Repert. f. Meteorologie **13.**
[3]) United States Coast and Geodetic Survey Report. 1888 Part I, App. VII. Wash. 1889.
[4]) Magnetic Survey of the Eastern Part of Brazil. R. academie of Sc. at Amsterdam.

Digitized by Google

weniger als 149 Punkten gemacht. Die Deklination ist dort überall westlich und schwankt zwischen 2° und 15°, die Inklination zwischen + 24° und — 12°. In Pará und Rio Janeiro wurden während der Zeit stündliche, resp. mehrstündliche Variationsbeobachtungen angestellt, um die tägliche Variation der Deklination bei den absoluten Messungen berücksichtigen zu können.

Der Wert der magnetischen Elemente im Indischen Ozeane für 1890,0 und die Säkularänderungen derselben sind auf Grund der zuverlässigsten Ermittelungen in dem von der deutschen Seewarte in Hamburg herausgegebenen „Segelhandbuche für den Indischen Ozean", mitgeteilt. „Die Säkularänderung der magnetischen Deklination", heisst es in der Erläuterung dazu [1]), „kann im allgemeinen in der Weise charakterisiert werden, dass südlich einer Linie ohne Änderung vom Kap der guten Hoffnung bis zur grossen australischen Bucht die Magnetnadel sich gegenwärtig um geringe Beträge nach Westen bewegt, d. h. es wird in den Gebieten nordwestlicher Deklination dieselbe zunehmen, während sie in Gebieten nordöstlicher Deklination abnimmt. Nördlich der bezeichneten Linie bewegt sich die Nadel jährlich um geringe Beträge nach Osten, d. h. die magnetische Deklination von nordwestlichem Charakter nimmt ab, während jene von nordöstlichem Charakter zunimmt. Eine Ausnahme bildet im äquatorialen Teile des Indischen Ozeans ein kleines Gebiet, welches über Sumatra, dem Süden von Borneo und über Java lagert, in welchem sich — nach den neueren Beobachtungen im Observatorium zu Batavia — die Magnetnadel nach Westen bewegt, und die Deklination daher, weil sie nordöstlich ist, abnimmt. Die Werte der jährlichen Änderung der Deklination schwanken in dem Gebiete des Indischen Ozeans zwischen + 4 und — 3 Minuten (mit Beziehung auf östliche oder westliche Bewegung der Nadel).

Die Säkularänderung der magnetischen Inklination, ebenso wie jene der Horizontalkomponente, sind für das Gebiet des Indischen Ozeans nicht allein, sondern überhaupt weit weniger bestimmt, wie jene der Deklination. Die magnetische Inklination nimmt nahezu auf dem ganzen Gebiete zu, d. h. es wird die betreffende Inklination, die nördliche oder südliche, allenthalben grösser. Zieht man einen Augenblick den Verlauf des magnetischen Äquators in Erwägung, so wird auf dem ganzen Gebiete (wieder mit Ausnahme des Arabischen Meeres und des Meerbusens von Bengalen) die südliche Inklination grösser. Die Beträge schwanken, wenn man absieht von den ziemlich erheblichen Werten in der Nähe des Kap der guten Hoffnung, zwischen 0 und + 4 Minuten.

Die mittlere Säkularänderung der magnetischen Horizontal-

[1]) Annalen der Hydrographie 1891. p. 409 u. ff.

intensität wird in Einheiten der vierten Dezimale nach Gauss gegeben. Es scheint dieselbe gegenwärtig 0 zu sein auf einer Linie von Sansibar durch den Indischen Ozean nach Anjer und weiterhin nach den Carolinen. Südlich von dieser Linie nimmt die Horizontalintensität ab, auf 50 ⁰ südl. Br. jährlich um 36 Einheiten der vierten Dezimale. Nördlich von der Nulllinie nimmt die Horizontalintensität mit der Zeit zu, erreicht aber anscheinend im Indischen Ozeane keinen grösseren Wert als 18 Einheiten der vierten Dezimale".

Anomalien der Verteilung des Erdmagetismus im zentralen Russland sind von A. Tillo nachgewiesen worden.[1]) Derselbe giebt auf Grund seiner Ermittelungen folgende Werte für einzelne Orte:

Ort	Deklination	Inklination	Horizontale Intensität	Totale Intensität
Nepchaevo	+48⁰ östl.	+81⁰	0.11	0.84
Visloje	—33 westl.	+52	0.40	0.65
Kisselevo	—38 westl.	+63	0.33	0.72
Sobinino	+30 östl.	+60	0.38	0.75
Petropaoloka	—20 westl.	+76	0.19	0.80

Während die grösste Entfernung zwischen den genannten Orten nicht mehr als 12 *km* beträgt, schwankt die Deklination um 86⁰, die Inklination um 29⁰. Die normalen Werte des Erdmagnetismus für den untersuchten Bezirk wären: Deklination 1 ⁰ westlich, Inklination 64 ⁰, horizontale Intensität 0.21, totale Intensität 0.48. Die geologische Beschaffenheit des Bodens — soweit sie bekannt ist — giebt keinen Schlüssel zur Erklärung dieser ausserordentlichen Anomalien.

Die Ursache der magnetischen Anomalien gewisser Örtlichkeiten wird teils auf störende Erdströme, teils auf das Vorhandensein magnetischer Gesteine im Boden zurückgeführt. A. W. Rücker hat die letztere Hypothese einer eingehenden experimentellen Prüfung in der Weise unterworfen, dass er eine Reihe von Gesteinsproben auf ihre Magnetisierungsfähigkeit untersuchen liess, und nachdem dieselbe festgestellt war, berechnete er, in welcher Tiefe und Ausdehnung bestimmte magnetische Gesteine vorhanden sein müssen, damit sie an der Oberfläche magnetische Wirkungen hervorbringen, welche den bei den Vermessungen gefundenen gleich kommen. Die Messungen der Magnetisierbarkeit der wichtigsten für die Verhältnisse Englands in Frage kommenden Gesteine wurde von Highfield und Jarrat ausgeführt. Es wurden die von ihnen gefundenen Werte, im besonderen die für den Mull-Basalt ermittelten, der Berechnung zu grunde gelegt und die wohl zulässige Annahme gemacht, dass, ähnlich wie beim Eisen, die Magnetisierbarkeit der Gesteine bei hohen Temperaturen verschwindet, so dass nur eine

[1]) Compt. rend. **92.** p 680.

Digitized by Google

Schicht der Erdrinde von beschränkter Tiefe in Frage kommen kann. So wurde in der That eine Verteilung solcher Massen gefunden, welche an der Oberfläche magnetische Störungen von derselben Grössenordnung wie die beobachteten hervorrufen würden [1]).

Über die magetischen Anomalien in Frankreich und England hat sich Mascart auf der britischen Naturforscherversammlung zu Leeds verbreitet [2]).

„Die Isogonenkarte zeigt zunächst eine Anomalie in der Bretagne; das Störungszentrum liegt, wie man schon aus dem unvollständigen Materiale erkennt, bei Pontivy; die Isogonen biegen da gegen NW um, drängen sich bei Morlaix zusammen und scheinen sich den Küstenlinien anzuschmiegen. Eine zweite Anomalie entdeckte Moureaux bei Chartres.

Der vorläufige Entwurf der Isogonen in Frankreich zeigt, dass sie nur im Norden einen ziemlich regelmässigen Verlauf haben. Selbst in der Breite von Amiens zeigen sich jedoch schon Unregelmässigkeiten, welche sich bis zu den Ardennen erstrecken.

Die Isogone 15° 20′, welche am 1. Januar 1890 durch Paris geht, verläuft nicht bis Orleans, sondern biegt nach SSE bis Gien ab, kehrt mit einer scharfen Biegung um, verläuft dann gegen NW bis Houdan. Zieht man mehrere Isogonen für je 10′ Unterschied der Deklination, so haben alle eine ähnliche Gestalt vom Kanale nach S hin, soweit das bisherige Netz reicht.

Vergleicht man die wahren Isogonen mit einem Systeme regelmässiger Kurven, so kann man aus den Differenzen „isanomale“ Kurven konstruieren. Es hat den Anschein, als würde der Nordpol der Nadel beiderseits von einer Linie angezogen, welche beiläufig durch Fécamp, Elbeuf, Rambouillet, Châteauneuf zur Loire zieht und einen Winkel von 25° bis 30° mit dem geographischen Meridiane einschliesst. Längs dieser Linie zeigt sich auch eine Zunahme der Inklination und eine Abnahme der Horizontalkraft.

Wenn man eine geologische Karte dieses Gebietes betrachtet, findet man da nur Kalk und Kreide. Es sind auch die magnetischen Deformationen hier regelmässiger als über solchem Gesteine, bei dem man gewöhnlich eine Ablenkung der Magnetnadel bemerkt. Im letzteren Falle ist es überhaupt schwer, Kurven zu ziehen. Die Ursache der Anomalie in dem grossen Gebiete ist noch unbekannt; es scheint jedoch ein Zusammenhang mit der Anomalie zu bestehen, welche Rücker und Thorpe jenseits des Kanals gefunden haben.

Mascart's Mitteilung veranlasste Herrn Rücker zu einer genaueren Untersuchung des Zusammenhanges zwischen den Ano-

[1]) Proceedings of the Royal Society 1891. 48. Nr 295. p. 505.
[2]) Nature 43. p. 617. Auszug a. d. Meteorol. Zeitschrift 1891. p. 275.

malien auf beiden Seiten des Kanals. In England besteht eine „Gratlinie“ (ridge line, eine Linie, welche den Nordpol scheinbar anzieht), deren Richtung im allgemeinen mit derjenigen der paläoizischen Axe zusammenfällt. Sie geht durch Süd-Wales und das Themsethal, biegt durch Kent nach S ab. Bei Reading erreicht die Störung ein Maximum; von da zieht eine Abzweigung nach S zum Kanale; die Karte von Rücker und Thorpe zeigt, dass dieser Zweig wenig westlich von Selsey Bill das Meer erreicht. Die von Mascart erwähnte Gratlinie würde in der Verlängerung die englische Küste bei Portsmouth erreichen. Beide Linien schneiden einander im Kanale; man kann also mit Recht vermuten, dass eine Verbindung durch den Kanal besteht. In Grossbritannien sind zwei Gratlinien über sedimentärem Gesteine, wo demnach die Anziehung aus grösserer Tiefe stammen muss. In beiden Fällen verlaufen die Gratlinien in ziemlich gerader Richtung. Die eine im Süden von St. Bride's Bay bis Kew, etwa 150 miles; zwei andere, je 75 miles, von Wainfleet nach Market Weighton und von hier nach Ribblehead zeigen jene Art der Stetigkeit, die man an Gebirgsketten kennt. — Die Gratlinie von Châteauneuf nach Fécamp ist nur eine schwach gekrümmte Kurve von circa 150 miles; der nördliche Teil ist ziemlich geradlinig auf einer Strecke von 100 miles, und man kann annehmen, dass er noch weitere 80 miles im Kanale so verläuft, dann bei Annäherung an die englische Küste die Richtung ändert. Ähnlich findet man auch magnetische Indizien dafür, dass die paläozoische Axe den Kanal von Irland durchzieht.

Die englische und die französische Gratlinie treffen einander östlich von der Insel Wight, fast in der Veränderung der grossen Verwerfung dieser Insel. — Nach allem hat man guten Grund, anzunehmen, dass die von Reading abzweigende Gratlinie den Kanal durchkreuzt und sich in Frankreich fortsetzt. Die Störung beträgt bei Cosne (an der Loire) 36′; so grosse Abweichungen sind in England gar nicht, in Schottland und Irland nur bei Basaltgestein beobachtet worden. Die grössten Anomalien in England sind bei Melton Mowbray und Loughborough auf gutem Boden, aber schon in der Nähe des vulkanischen Gesteins von Charwood Forest.“

Eine neue Theorie der Erscheinungen des Erdmagnetismus hat Bigelow aufgestellt, indem er auf die Bewegung der Erde innerhalb des Äthers zurückgreift [1]).

„Wie immer auch der Äther in Wirklichkeit beschaffen sein mag, er besitzt gewiss die Eigenschaft, die Wirkung von Kräften zu übermitteln. Wir haben nun auf der Erde zwei Kraftfelder zu unterscheiden, die aber

[1]) American Journal of Science [3.] **41.** 1891. p. 76. Meteorolog. Zeitschrift 1891. p. 192.

Digitized by Google

beide durch die Sonne hervorgebracht sind: das eine von ihnen ist das Strahlenfeld, das andere das Feld der Korona. Das Strahlenfeld breitet sich geradlinig durch den Weltraum aus, und seine Äusserungen sind die Erscheinungen, die gewöhnlich als Phänomene des Äthers bezeichnet werden, Wärme und Licht. Seine Richtungen gegen die Erde fallen mit der Ebene der Ekliptik zusammen. Ein gleichzeitiges Studium der elektromagnetischen Lichttheorie und der neuen Entdeckungen über elektrische Schwingungen führt zu der Vermutung, die hier vertreten wird.

Von dem Koronafelde hat der Autor gezeigt, dass es von denselben Kräften herrührt, welche die Sonnenkorona aufweist, von welcher es eigentlich nur die unsichtbare Fortsetzung ist. Die zweite Voraussetzung ist nun die, dass das Koronafeld in der Nähe der Erde senkrecht gegen die Ekliptikebene gerichtet ist. Er zeigt, dass man die relative Intensität dieser beiden Felder durch die beobachteten Schwankungen der Magnetnadel ermitteln kann.

Die Lösung dieses Problems hängt ab von der Ermittlung der gegenseitigen Wirkung der Verteilung des Magnetismus bezüglich dreier Pole, welche der Verfasser als permanenten Pol, als Rotationspol und als Translationspol bezeichnet. Diese Pole verändern ihre Lage in einer täglichen, jährlichen und säkularen Periode, die aber von bekannten astronomischen Gesetzen bestimmt ist. So wandert der permanente Pol, also der Pol des permanenten Magnetismus der Erde, in derselben Hemisphäre, in der sich die betreffende Station befindet, in einer säkularen Periode von langer Dauer in der Erdkruste herum, und er rotiert täglich um die Erdaxe. Der Rotationspol, also der Pol des induzierten Magnetismus, ist wegen der Erdrotation ein augenblicklicher, je nach der Induktion an verschiedenen Stellen auftretender Pol, der stets nur wenige Grade von der Sonne weg gerichtet ist und nahezu in der Ekliptikebene gelegen ist. Endlich der Translationspol, also der Pol des induzierten Magnetismus, der von der Bewegung der Erde in ihrer Bahn herrührt, liegt nahezu in der Erdbahn, wo dieselbe die Erde schneidet, und ist ebenfalls ein instantaner Pol.

Nach einer Diskussion der mathematischen Analyse, welche die Lösung des Problems erfordert, besonders bezüglich der Lage der drei Pole, der Zusammensetzung des Feldes etc., geht der Verfasser zu dem Beweise über, dass ein vollständiges Studium dieses Problems zur Aufstellung von Bedingungsgleichungen für die Beobachtungen führen müsse, deren Lösung die unbekannten Grössen giebt, insbesondere die verwendeten Konstanten und die Kräfte der zwei kosmischen Felder. Wenn diese erhalten sind, dann können wir mit neuen Daten an die Erforschung der Gesetze der Solarphysik herantreten. So wird wahrscheinlich die Magnetnadel auf der Erdoberfläche sich zu dem Spektroskope, zu dem Polariskope und dem Bolometer gesellen als ein Instrument, um die Konstitution der Sonne zu erforschen.

Einige daraus gezogene Folgerungen sind die folgenden: Lange Perioden. — Die Variationen in der Intensität der Sonnenthätigkeit verursachen korrespondierende Schwankungen in den Kraftfeldern, die sich als 56-jährige, als 11-jährige oder andere Perioden erwiesen haben. Sind dieselben nur vereinzelt, so verraten sie sich als erdmagnetische Störungen. Da aber die Pole der Korona nicht mit den Polen der Rotationsaxe der Sonne zusammenfallen, so treten auf der Erde Veränderungen in dem Kraftfelde der Korona ein, die zu einer 26-tägigen Periode Veranlassung geben. Jährliche Periode. — Die Variation der Komponenten der Kraftfelder im Vereine mit dem Wechsel der Lage der drei Pole gegeneinander und die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn bringen die jährliche Periode hervor, die ebenfalls beiden Hemisphären gemeinsam ist. Tägliche Periode. — Die Lage irgend einer Beobachtungsstation ist bezüglich des permanenten Poles eine konstante; aber beide, die Station wie der permanente Pol bewegen sich relativ gegen die zwei augenblicklichen Pole

während eines Tages, und dies ist die Ursache der täglichen ost- und westwärts gerichteten Schwankungen der Nadel.

Die Verteilung der Elongationen. — Die zwei instantanen Pole haben eine solche Lage, dass sie die lebhafte Bewegung der Nadel morgens, vormittags und zeitlich nachmittags bestimmen, dagegen sie während der Nacht fast ruhig lassen. D e nachmittägige Abweichung tritt an jeder Station während des ganzen Jahres zur selben Stunde ein, wie ja auch die Lage des Rotationspoles verhältnismässig fix bleibt. Die zwei Morgenelongationen, die um zwei bis drei Stunden sich verschieben, folgen dem Wechsel in der Lage des Translationspoles, je nachdem sich derselbe ost- oder westwärts um einen Winkel von 45° bewegt. Die hauptsächlichste neutrale Stelle, die eine Stunde oder etwas mehr vor Mittag eintritt, fällt mit der Verzögerung der Phase des Rotationspoles zusammen. Dass hier drei scharf bestimmte Abweichungen vorhanden sind und eine zeitlich ganz unbestimmte, stimmt überein mit der Zusammensetzung der Kräfte, die von einem Quadranten der Erde ausgehen.

Die Breite. — In der Nähe des Rotationspoles erreicht das Potential ein Maximum und nimmt nun nach einer Funktion der Winkeldistanz ab. In der Nähe des Translationspoles erreicht es ein Minimum und wächst mit einer Annäherung an die permanenten Pole. Die Polarregionen stehen deshalb hauptsächlich unter dem Einflusse des Translationspoles und haben ein einziges deutliches Maximum und Minimum; die mittleren Breiten sind beiden Polarverteilungen unterworfen; die äquatorealen Gegenden kommen einmal unter den Einfluss einer nördlichen, dann wieder unter den einer südlichen Resultante der sich zusammensetzenden Wirkungen.

Die entgegengesetzten Elongationen der Nord- und Südhemisphäre. — Der nördliche permanente Pol ist umgeben von einer magnetischen Kraft der einen Art, der südliche von der der anderen Art; der Rotationspol und der Translationspol haben aber nur eine Art von Magnetismus rings um sich herum; ob nun diese Kräfte dasselbe oder das andere Zeichen haben mögen, gewiss bringen sie gleichzeitig in der nördlichen und südlichen Hemisphäre entgegengesetzte Bewegungen der Nadel hervor.

Die Störungen — Die Induzierten magnetischen Kräfte können auch im Innern der Erde verfolgt werden, und es sind ähnliche Gesetze, die ihren Verlauf bestimmen, wie jene, die bei der Diskussion der Induktionen innerhalb der Atmosphäre angewendet werden. Es ist nun jeder Grund zu der Annahme vorhanden, dass diese Strömungen in Verbindung mit der freien Luftelektrizität, da die Luft ein heterogener Leiter ist, und die magnetischen Kräfte sich gewiss nicht vollständig in Wärme umsetzen, vollkommen hinreichen, um die Erscheinungen der plötzlichen Störungen zu erklären."

5. Vulkanismus.

Die letzte Eruption der Insel Volcano wird von Silvestri beschrieben[1]). Sie begann 1888 mit einem Aschenauswurfe, nachdem Volcano seit 1771 bis dahin nur den Charakter einer Solfatare gehabt hatte. Nach und nach wurde der ganze Kraterboden fortgesprengt und zuletzt glühende Bomben bis zu 3 *m* Durchmesser emporgeschleudert. Die Aschensäule soll 10 *km* Höhe erreicht haben, auch dauerten die Explosionen bis zum Juli 1889 fort. Höchst seltsam ist, dass nach Silvestri nicht die

[1]) Compt. rend. 1891. **109.** p. 241.

Digitized by Google

geringste Spur von Erderschütterungen wahrgenommen wurde, indem der Seismograph selbst im Krater keinerlei Bodenstösse anzeigte, nur unmittelbar vor den Explosionen verriet der Quecksilberhorizont ein leichtes Erzittern.

Den Zusammenhang der Thätigkeit im Vesuvkrater mit derjenigen der Solfatara des Vesuvs suchte Palmieri durch regelmässig fortgesetzte Beobachtungen der Solfatara zu ermitteln. Er stellte einen Wächter an, welcher tägliche Aufzeichnungen über die in vier Stufen geteilte Intensität der Solfatarathätigkeit machte, während er selbst auf dem Vesuv-Observatorium sowohl die Rauch- und Eruptionserscheinungen des Kraters beobachtete, als auch die Bodenerschütterungen an seismometrischen Apparaten an beiden Orten registrierte. Die nun fast dreijährigen gleichzeitigen Beobachtungen lassen deutlich erkennen, dass während dieser Zeit (1888 bis 1890) die starken Thätigkeiten beider ziemlich oft zusammenfielen, obwohl auch Zeichen einer Autonomie und Unabhängigkeit der beiden vulkanischen Erscheinungen nicht fehlen; besonders erwähnenswert ist, dass die kleinen, von den Apparaten aufgezeichneten Erdstösse beiderseits stets zusammenfielen. Wie ferner am Vesuv das Anwachsen der Thätigkeit an den seismischen Apparaten stets gefolgt war von einer stärkeren Thätigkeit des Kraters, so entsprach auch an der Solfatara der stärkeren Erschütterung der Apparate ein höherer Grad von Solfatarathätigkeit. Von dem Stande des Barometers erwies sich die grössere oder geringere Fumarolenthätigkeit unabhängig. Hingegen war die Fumarole, mit wenig Ausnahmen, lebhafter zur Zeit der Syzygien, gerade so wie auch der Vesuv in diesen Zeiten eine lebhaftere Thätigkeit entwickelte[1]).

Der Vulkan Mount Hood in den nordamerikanischen Kaskaden ist von Dr. J. Röll bestiegen worden[2]). Er erreichte in 11000 Fuss Höhe den Grat des Berggipfels und fand hier, eingeschlossen von Lavastücken und umgeben von Schnee und Eis, eine ebene Fläche von der Grösse eines Wohnzimmers, welche mit freudigem Grün bedeckt war. „Sie erwies sich aus Moosen gebildet, unter denen ich Ceratodon, Bryum und Olygotrichum unterscheiden konnte, obgleich sie sehr verkümmert waren. Zwischen ihnen grünten auch einige kleine Farnkräutchen. Wir hatten," schreibt der Beobachter, „bald den Grund der sonderbaren Vegetation entdeckt. Aus zahlreichen Öffnungen von 1 *cm* bis 1 Fuss Durchmesser strömte stossweise heisser Wasserdampf, aus einigen auch schweflige Säure, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure. Die kleinen Krater waren meist rund und im Inneren mit einer grünen, schleimigen Alge ausgekleidet. Die

[1]) Naturforscher 1891 p. 23.
[2]) Mitt. des Deutschen u. Österr. Alpenvereins 1890. Nr. 22.

Digitized by Google

Hitze des ausströmenden Wasserdampfes war so gross, dass man die Hand nicht in die Öffnung halten konnte. Ich schnitt einige der kleineren Krater mit dem Messer aus und nahm sie mit.

Eine Strecke weiter und etwas höher gelegen fand sich ein grösserer, 5 *m* langer und 1 *m* breiter Krater, der von Felsblöcken dicht umlagert war und ebenfalls heissen Wasserdampf ausströmte, in welchem mein Begleiter das in einer Proviantbüchse zurückgebliebene Fett schmelzen konnte. Im Umkreise von zwanzig Schritten fanden wir noch etwa zwanzig kleinere, oft nur zollbreite Öffnungen, zum Teile mit Moos umgeben und mit Algen ausgekleidet. Etwas oberhalb derselben lag auf einer kleinen Erhöhung ein grösserer, zusammengestürzter, toter Krater, der frühere Gipfelkrater des Berges. Neben ihm erhob sich, aus fast senkrecht aufsteigenden Andesitwänden gebildet, die letzte etwa 200 Fuss hohe Spitze des Berges, die wir nicht erklimmen konnten. Wir liessen uns dann am Rande des Kraters nieder, um die Aussicht zu geniessen.

Eine Stunde mochte vergangen sein, und Mittag war vorüber, als ein östlicher Luftstrom uns plötzlich in Wasserdampf einhüllte und uns Kohlensäure und Schwefeldünste ins Gesicht trieb, welche die Luft weithin trübten und uns zu ersticken drohten, so dass wir schnell unseren Standort verlassen mussten. Eine Wolke umlagerte den Gipfel des Berges auf einige Augenblicke, um sogleich wieder zu verschwinden. Einigen erneuten Dampfausbrüchen folgte ein eiskalter Wind. Wir traten daher, nachdem wir noch Schwefelkrystalle, Lava, rote Thon- und Basaltstücke gesammelt, den Rückweg an und gelangten nach einer gefährlichen, unfreiwilligen Abfahrt über ein steiles Schneefeld gegen 5^h nachmittags an unser Zelt.

Am Morgen dieses Tages hatten wir beim Aufstiege den grössten der drei Gletscher des Mount Hood überschritten. Derselbe ist etwa zwei englische Meilen lang und hat eine tiefe Lücke in den seinen Fuss umziehenden Wald eingerissen. Wir hatten vorher die grosse Endmoräne erstiegen, welche er in einer längst vergangenen eisreichen Zeit wie eine gewaltige Mauer angehäuft, und waren eine Zeit lang auf der östlichen Seitenmoräne gewandert, welche an einzelnen Stellen eine Höhe von 30 *m* zeigt. Aus manchen Steinen derselben sind regelmässige Stücke an der Oberfläche abgesprungen, so dass die Vertiefungen wie künstliche Aushöhlungen erscheinen. Auf dem Gletscher selbst fanden wir zahlreiche Felsblöcke als Reste von Steinlawinen, deren Absturz wir auf unserer Wanderung mehrfach beobachten konnten. Ausserdem bemerkten wir zahlreiche kleine Öffnungen im Eise, die mit einem erhöhten Rande von Erde umgeben waren, so dass sie kleinen Maulwurfshaufen ähnlich sahen. Der Scheitelöffnung dieser Miniaturkrater entströmte Schwefelgeruch.

Andere grössere Öffnungen im Gletschereise waren mit Wasser

Digitized by Google

gefüllt, das sich mit einer dünnen Eiskruste überzogen hatte. Mit unseren Bergstöcken hineinfühlend, konnten wir keinen Grund finden, und hineingeworfene Steinchen trieben längere Zeit Luftblasen empor. Unzweifelhaft ist die vulkanische Thätigkeit des Berges der Grund dieser interessanten Bildungen. Möglicher Weise könnten einzelne der heissen Quellen, deren Öffnungen jetzt von einer Eiskruste bedeckt waren, zu anderer Zeit ihre Decke sprengen und als kleine Geysire fungieren. Die Beobachtungen zeigen, dass, wenn auch Feuererscheinungen auf dem Mount Hood nicht beobachtet werden, seine vulkanische Thätigkeit noch nicht erloschen ist. Wenn der nachbarliche Mount Helens und der nördlicher gelegene, 11000 Fuss hohe Mount Baker in den Jahren 1842 und 1843 noch starke Ausbrüche gezeigt haben, so sind auch die vulkanischen Erscheinungen des Mount Hood nicht auffallend, umsoweniger, als auch sein südlicher Nachbar, der 14 500 Fuss (4422 *m*) hohe Mount Shasta in der Sierra Nevada des nördlichen Kaliforniens zeitweise noch Wasserdampf und Schwefelwasserstoff ausstösst."

Die Vulkane im nordöstlichen Island sind von Th. Thoroddsen untersucht worden [1]) auf einer Reise, die er 1884 unternahm. Das von ihm geschilderte Gebiet liegt zwischen 16° 30′ und 17° 45′ westl. Länge von Greenwich und erstreckt sich von der Küste in 66° nördl. Br. bis zum Vatnajökull (Jökull = ein mit Firnschnee bedeckter Berg). „In Odádahraun und in der Umgegend, sowie auf Reykjanes zeigt es sich, dass die Thätigkeit der Vulkane nicht ausschliesslich an die postglaziale Zeit gebunden ist, denn in denselben Gegenden, wo die Vulkane der Jetztzeit ihre Lavaströme nach allen Seiten ausbreiten, hat schon vor der Eiszeit eine starke vulkanische Aktivität bestanden. Die doleritischen Lavaströme, welche in diesen Gegenden die Unterlage der grossen modernen Lavawüsten bilden, zeigen durch ihre vom Eise gescheuerte und polierte Oberfläche, dass sie vor der Eiszeit geflossen sind. Diese präglazialen Lavaströme sind überall den Unebenheiten des darunter liegenden Breccielandes gefolgt, und daraus kann man schliessen, dass das Land schon beim Hervorbrechen dieser Lavamassen in einer der jetzigen gleichenden Form ausgemeisselt gewesen ist; es scheint also ein bedeutender Zeitraum zwischen der Bildung der Breccie und dem Hervorbrechen der präglazialen Lava zu liegen, eine Zeit, die lang genug gewesen ist, um der Erosion einen beträchtlichen Einfluss auf die Form der Oberfläche zu ermöglichen.

Wie im Südlande die Vulkane an die Palagonitbreccie gebunden sind, ebenso ist es auch im nördlichen Island der Fall, und fast alle Vulkane und Lavaströme finden sich hier in der Landstrecke zwischen dem Skjálfandafljót und der Jökulsá, vom

[1]) Mitt. der Geogr. Ges. in Wien. 1891. p. 117 ff. u. p. 245 ff.

Vatnajökull bis zum nördlichen Eismeere. Die südlichste Lavapartie wird im täglichen Gespräche Odádahraun genannt, eine zusammenhängende Lavawüste, die nur hier und da durch einzelne emporstehende Felsen unterbrochen wird. Die Umgegend des Mývatn bildet eine zweite abgeschlossene vulkanische Partie, und am weitesten nach Norden findet sich die dritte vulkanische Strecke, nämlich Reykjaheidi nebst Umgegend. Ausserhalb dieser drei vulkanischen Partien finden sich nur wenige Spuren von vulkanischer Thätigkeit. Oben auf dem Hochlande im Süden des Tungnafellsjökull findet sich eine wenig bekannte Lavastrecke, Hágönguhraun, und am nördlichen Ende desselben Gletscherberges sollen sich in der Nähe des Flusses Jökulfall auch Lavaströme befinden, doch sind diese Gegenden noch von keinem Naturforscher untersucht worden.

Wenn man von einer der hohen Lavakuppeln im Odádahraun, z. B. der Trölladyngja, diese Lavawüste überblickt, so kann man sich kaum ein trostloseres Bild denken. Die Erde scheint, so weit das Auge reicht, mit einer kohlschwarzen, erstarrten Masse übergossen zu sein; nur hier und da wird die einförmige schwarze Farbe durch rötliche Schlackenhöhen, braune Tuffelsen oder — gegen Süden — durch glitzernde Schneeflächen unterbrochen; von den Dyngjuffjöll und dem Kverkfjöll steigen weisse Dampfsäulen in die Höhe, und nach Süden wird die groteske Malerei von einer gelbbraunen Wolkenbank, dem Flugsande, verwischt, der beständig von den Sandstrecken an der Jökulsá emporwirbelt. Wenn man nun die Lavaflächen, von denen man umgeben ist, näher betrachtet, so sieht man bald, dass sie nicht auf einmal hervorgebracht sind: eine Menge Ströme sind über- und nebeneinander geflossen und haben sich um den Platz gestritten. Das Odádahraun ist durch eine Menge Ausbrüche aus vielen Spalten zu verschiedenen Zeiten entstanden; der grösste Teil ist sicherlich in vorhistorischer Zeit gebildet worden, wenn auch aller Wahrscheinlichkeit nach in diesen Einöden viele gewaltige Ausbrüche stattgefunden haben, nachdem das Land besiedelt worden war, ohne dass man diese sonderlich beachtet oder in Annalen und Sagas verzeichnet hat. Die Oberfläche ist je nach der Beschaffenheit des Terrains und der Flüssigkeit des Magmas sehr verschieden. Man kann nach der Beschaffenheit der Oberfläche zwei Hauptformen von Lava unterscheiden: 1. die unebene und aufgetürmte Lava, die in Island apalhraun und auf den Sandwichinseln Aa genannt wird, und 2. die flache Lava, die man hier helluhraun, auf den Sandwichinseln aber Pahoehoe nennt. Beide Formen können jedoch oft in demselben Lavastrome vorkommen. Die isländischen a p a l h r a u n haben eine höchst unregelmässige Oberfläche, die aus nichts anderem als aus unzähligen porösen, spröden und klingenden Lava- und Schlackenstücken von zackigem und rauhem Aussehen besteht, und die

Digitized by Google

einzelnen Lavablöcke und Lavaschlacken sind auf die unmotivierteste Weise zusammengehäuft. Die Lava hat sich an der Oberfläche schnell abgekühlt, und die erstarrte Lavakruste springt bei der Bewegung wie spröde Glasscherben, die zwischen einander gedrängt und geschoben werden, wird wieder und wieder umgeschmolzen und kühlt sich wieder ab; deshalb hört man beim langsamen Fortrollen der Lava vom Schlackenpanzer des Stromes her beständig ein knisterndes und knallendes Getöse. Das Resultat davon ist, dass die Oberfläche wie ein vom Sturme gepeitschtes Meer aussieht. Solche Lavaströme sind oft verhältnismässig schmal und mit hohen Rändern versehen, die sich in der Ferne wie Einfassungsmauern oder Rücken vom flachen Lande abheben; zuweilen sieht man diese Lavaströme ihre Arme wie Gletscher durch die Klüfte der vulkanischen Berge hinabstrecken, so im nordöstlichen Teile der Dyngjufjöll. Ein Lavastrom von dieser Form ist sehr schwer zu passieren; die Lavastücke sind so lose zusammengefügt, dass die leiseste Berührung sie in Unordnung bringt, jeden Augenblick wankt man und stürzt zwischen die Lavablöcke hinunter, kriecht wieder empor und reisst sich an den unzähligen nadelförmigen Spitzen und Zacken die Hände blutig; das Überschreiten eines solchen Stromes kostet daher grosse Anstrengung und lange Zeit, es ist ein unaufhörliches Fallen und Auf- und Abkriechen. Der grössere Teil des Bodens der Askja besteht aus solcher Lava, die kaum zu passieren ist, und in der Öffnung des Thales bildet die Lava auf dem Abhange höckerige Terrassen, über welche lange Rücken von „apalhraun“ sich in vielfachen Krümmungen winden. Der grösste Teil des Odádahraun besteht aus „helluhraun“ in verschiedenen Formen. Helluhraun. Die grossen Lavawüsten in Island bestehen hauptsächlich aus flachen Lavaplatten, die zuweilen eben wie eine Stubendiele, öfter jedoch zerbrochen und auf vielerlei Weise zerklüftet sind. Wenn die Lava sich aus den Spalten herauswälzt, ist sie in einem zähen, plastischen Zustande, so dass sie in feine Fäden ausgezogen und zu Seilen gesponnen werden kann, wenn die ziehenden Kräfte nicht allzu gewaltsam sind; ist die Senkung stark, so wird deshalb die Lava, indem sie sich gleichzeitig abkühlt, an der Oberfläche oft in kleine Stücke zerrissen, auf einer einigermassen ebenen Fläche jedoch breitet sie sich gleichförmig nach allen Seiten aus und füllt alle Vertiefungen im Terrain wie flüssiges Pech; auf der Oberfläche sieht man unzählige Streifen und zusammengefilzte und verflochtene Lavaseile, die in langen Kurven nach der Wellenbewegung der zähen Masse gebogen sind. Die nämlichen Lavaseile findet man auch oft auf der Oberfläche der Basaltbänke in den Felsen des tertiären Islands und auf der präglazialen Lava. Die Oberfläche ist oft mit einer glasartigen Kruste bedeckt, welche Tachylyt gleicht.

Die gewaltige Lavawüste Odádahraun ist durch die Ausbrüche von über 20 Vulkanen entstanden, und vielleicht sind viele der älteren Ausbruchsstellen, die zur Bildung der Wüste beigetragen haben, jetzt unter neueren Lavaströmen oder unter den Gletschern des Vatnajökull verschwunden. Wenn man in den geologischen Handbüchern Beschreibungen von modernen Vulkanen und ihrer Thätigkeit liest, so ist es fast immer der Vesuv, der überall wie ein Gespenst spukt; der regelmässige Vulkankegel, aus wechselnden Lava- und Tuffschichten zusammengesetzt, ist in Island ziemlich selten; es giebt nur einzelne alte Vulkane, z. B. Snæfellsjökull und Eyafjallajökull, welche diese Form haben. J. Milne's und Georg F. Becker's Messungen haben bewiesen, dass die Profile dieser Vulkane ziemlich nahe mit einer logarithmischen Linie zusammenfallen, welche von dem Materiale, aus dem der Vulkan aufgebaut ist, abhängt, und es zeigt sich, dass dies auch bei derartigen Vulkanen in Island der Fall ist [1]). Im Nordlande kennt man diese regelmässigen Vulkane nicht; die meisten grösseren Vulkane in Nord-Island sind massive Lavakuppeln mit einer geringen Neigung. Bekanntlich entsteht jeder Vulkan in gewöhnlichem Sinne dadurch, dass aus einer Spalte vulkanische Produkte aus dem Inneren der Erde ausgeworfen werden, wodurch ein kegelförmiger Berg aufgebaut wird, allein die ursprüngliche Spalte tritt nicht zu Tage, man ahnt sie nur. In Island ist es sehr gewöhnlich, dass die Spalte gar keine Veranlassung zur Bildung eines eigentlichen Vulkans gegeben hat; die Lava ist dann ohne Kraterbildung in der ganzen Länge der Spalte ausgeströmt, meist aber ist an den Punkten, wo wegen der Form der Spalte oder anderer Umstände das Magma am leichtesten hervorbrechen konnte, eine Reihe niedriger Schlackenkegel entstanden. Solche Kraterreihen finden sich in allen vulkanischen Gegenden Islands; ein gutes Beispiel dafür ist die vulkanische Spalte am Laki von 1783, die von A. Helland abgebildet worden ist [2]). Man könnte die isländischen Vulkane passend einteilen in 1. Spaltenvulkane, 2. Stratovulkane, 3. Lavavulkane (dyngjur).

Der Name Spaltenvulkane ist vielleicht etwas irreleitend, da ja alle Vulkane auf Spalten gebildet sind; er soll aber nur ausdrücken, dass die Lava sich direkt aus der Spalte nach beiden Seiten ausgebreitet hat, ohne zur Bildung irgend eines individualisierten Vulkans im gewöhnlichen Sinne Anlass gegeben zu haben. Man findet in Island alle möglichen Übergänge; die einfachste Form, bei der die Spalte ruhig eine dünnflüssige Lava nach beiden Seiten ausgegossen hat, ist sehr selten; häufiger ist

[1]) J. Milne in Geol. Magazine, Decade II. 5. — G. F. Becker in American Journal of Science Oct. 1885.

[2]) A. Helland: Lakis Kratere og Lavastrømme. Kristiania 1886.

Digitized by Google

es, dass zu beiden Seiten der Spalte lange Wälle von Schlacken und Lavastücken aufgebaut sind; dieser Wall ist an vielen Orten durchbrochen und zeigt sich auseinandergerissen durch Krümmungen und Pfützen, welche durch tiefe Risse mit einander verbunden sind; zuweilen sind hier und da auf der Spalte längliche Krater gebildet, aus denen die Ausbruchsprodukte gleichzeitig von mehreren, in der Richtung der Spalte dicht neben einander liegenden Öffnungen im Boden ausgeworfen werden. Die häufigste Form ist jedoch die, dass sich in der ganzen Länge der Spalte eine Reihe Krater von Schlacken und Lava bildet; jeder Krater ist dann ein Individuum für sich, zuweilen haben mehrere Krater gleichzeitig Ausbrüche gehabt, zuweilen der eine successiv nach dem anderen. Diese Vulkanform ist in Island die gewöhnlichste, die vulkanischen Ausbrüche im Odádahraun und am Mývatn sind fast alle aus parallelen Spalten entstanden, welche den Seiten der Horste folgen. In der Wüste Mývatnsöræfi sieht man mehrere parallele Reihen von derartigen Vulkanen auf dem flachen Lande, einen in der Nähe des anderen, und zwischen den Kraterreihen sind lange Landstreifen eingesunken; ähnliche Verhältnisse findet man auch am Mývatn. Bei einem neuen Ausbruche kann sich die Lava aus einer anderen Spalte über eine alte Kraterreihe ergiessen, wodurch die losen Schlackenkegel verschwinden und ausgeglichen werden; eine Lavaflut häuft sich über die andere, und später, wenn die Lavabänke durch Erosion oder Senkungen im Querschnitte blossgelegt werden, sieht man nur Lavabänke mit dazu gehörigen Gängen und hier und da mit dazwischen liegenden loseren Schlackenmassen, Überbleibseln der alten Krater. Es kommt jedoch nur selten vor, dass der zum Erdinneren führende Gang selbst blossgelegt zu Tage tritt, und nirgends habe ich davon ein so ausgezeichnetes Beispiel gesehen wie im Ögmundahraun auf der Halbinsel Reykjanes[1]. Die einzelnen Krater in den Reihen können sehr unregelmässig sein, indem sich die Ausbruchsstelle durch kleine Veränderungen im Kanale ein wenig verschoben hat, wodurch mehrere einander kreuzende zusammengefilzte Kraterringe entstehen. Auch sind die Krater aus verschiedenem Materiale zusammengesetzt, meist aus losen Schlacken, und haben dann nach der Grösse der Bruchstücke eine grössere oder geringere Neigung; zuweilen sind sie ganz aus klebriger Lava aufgeschichtet und dann sehr steil, bis zu 50°; manchmal besteht der unterste Teil eines Kraters aus Schlacken, die später mit Lava übergossen worden sind, welche dem Ganzen grössere Festigkeit und Neigung giebt. Wo mehrere Spalten nahe bei einander gleichzeitig Ausbrüche gehabt haben, bildet sich eine unregelmässige Gruppe von Schlackenkegeln, bei der es nicht immer leicht ist, sich in den Richtungen der darunter

---

[1]) Geol. Fören. Förhandl. 7. p. 163.

Digitized

liegenden Spalten zurecht zu finden. Von einzelnen Kratergruppen in den grossen Lavafeldern hege ich den Verdacht, dass sie nur sekundären Ursprungs sind. Wo die Lava über ein Moor oder einen kleinen Binnensee fliesst, wird sie stärker imprägniert, und dadurch können sich dann sekundäre Krater oder Hornitos bilden, die in gar keiner Verbindung mit dem Erdinneren stehen, sondern nur von der eigenen Thätigkeit der fliessenden Lava herrühren. Dutton hat auf Hawaii Krater untersucht, welche in dieser Weise gebildet worden sind, wo grosse Lavaströme sich in das Meer ergossen haben, so bei den Lavaströmen von 1801, 1840 und 1868; augenscheinlich sind sie vollständig auf dieselbe Art, wie gewöhnliche Schlackenkrater entstanden [1]).

Grössere Vulkane, aus wechselnden Tuff- und Lavaschichten zusammengesetzt, finden sich in diesem Teile des Landes nicht, dagegen sind Lavakuppeln mit geringer Neigung und von verschiedener Grösse sehr gewöhnlich. Von Vulkanen dieser Art sind Trölladyngja und Kollóttadyngja die grössten; ersterer hat eine Höhe von 1491 *m* über dem Meere und einen Durchmesser von 15 *km*, letzterer eine Höhe von 1209 *m* und einen Durchmesser von 6—7 *km*. Diese Vulkane haben ganz und gar dieselbe Form und Bildung, wie die grossen Lavakuppeln auf Hawaii, nur haben sie viel kleinere Dimensionen. Diese Vulkanform, die auch in anderen Gegenden des Landes gewöhnlich ist, wird im Isländischen dyngja (pl. dyngjur) genannt; man weiss jedoch nicht mit Bestimmtheit, ob irgend eine dieser Lavakuppeln in historischer Zeit einen Ausbruch gehabt hat. Diese Vulkane heben sich von der Umgegend wie schildförmige Kuppeln ab mit einer im Verhältnisse zum Umfange geringen Höhe, die Neigung ist im obersten Teile des Berges nur unerheblich grösser als im untersten; der Fuss der Trölladyngja hat nach Nordosten eine Neigung von 3—4°, zu oberst beträgt dieselbe 6—7°; Kollóttadyngja hat eine durchschnittliche Neigung von 6—7° nach Norden und 8° nach Süden; Kerlingardyngja hat nur eine Neigung von 2—3°, Ketildyngja von 1—2°. Die Neigung derartiger Vulkane variiert in Island von 1° bis zu 10°; man kann daher den Gipfel meist zu Pferde erreichen, wenn nicht die unebene Oberfläche der Lavaströme einem allzu grosse Hindernisse in den Weg legt. Die Seiten der Vulkane sind ausschliesslich mit der vorhin beschriebenen höckerigen Lava bedeckt; grosse Lavahöhlen sind in den Bergseiten sehr häufig, die Wölbungen über den vom Gipfel radial ausgehenden Lavaröhren sind sehr oft durchbrochen, so dass man in diese Tunnels, welche oft mit grossen Lavastalaktiten besetzt sind, hineinkriechen kann, an einigen Stellen ist die Röhre zusammengesunken, an anderen erweitert sie sich zu

---

[1]) C. F. Dutton: Hawaiian Vulcanoes p. 151 u. 181.

Digitized by Google

ziemlich geräumigen Höhlen [1]). Der Gipfel dieser Lavakuppeln wird in Island wie auf Hawaii von kreisförmigen oder elliptischen Einsenkungen eingenommen, nur sind sie natürlich viel kleiner. Der elliptische Krater der Trölladyngja hat eine Länge von 1100 *m* und eine Breite von 380 *m*, wird aber durch einen Lavarücken in zwei Bassins geteilt. Wenn man den Grund dieser Krater untersucht, so ist es augenscheinlich, dass derselbe einst ein Lavasee wie der Kilauea gewesen ist; das Niveau dieser Lavaseen hat sich zuweilen gesenkt, zuweilen gehoben; wenn die Oberfläche dann erstarrte, haben sich wieder flüssige, geschmolzene Partien gebildet, die sich dann von neuem gesenkt, und mitten in der Lavafläche tiefe Keller oder Schlünde gebildet haben, so auf der Kollóttadyngja. Die Wände der Vertiefung sind meist von konzentrischen Sprüngen zerklüftet, wodurch sich der Sand in Absätzen abwärts gegen den Kratergrund senkt; an einigen Stellen ist die Vertiefung dermassen mit Lava gefüllt, dass ihr Rand nur durch einen Kreis kleiner Lavaspitzen bezeichnet wird.

Es ist eine ungeheure Masse Lava, die in der postglazialen Zeit in diesen Gegenden aus der Erde geströmt ist; die Lavawüste Odádahraun selbst hat ein Areal von 3409 Quadratkilometern, die kleinen Lavaströme nördlich vom Vatnajökull haben ein Areal von 239, die Lavaströme am Mývatn und im Laxárdalur 367, die Lava auf Reykjaheidi und in der Nähe von Kelduhverfi ca. 375, zusammen 4390 Quadratkilometer; dies ist jedoch gewiss zu niedrig gerechnet, denn ein ganzer Teil Lava ist sicherlich von den Gletschern des Vatnajökull, von Flussgerölle, Glazialthon u. s. w. bedeckt worden und daher an der Oberfläche nicht zu sehen. Südlich vom Berge Vadalda, wo die Svartá mitten auf den Sandflächen entspringt, sieht man deutlich, dass ihre Unterlage aus Lava besteht. Um eine Idee von der Lavamasse zu bekommen, habe ich versucht, das Volumen der Lavaströme auszurechnen.

Die grosse Lavamasse, die in diesen Gegenden aus der Erde gequollen ist, würde genug sein, um den ganzen Meerbusen Faxaflói zu füllen, und wenn man sie gleichmässig über Dänemark verteilte, so würde dieses Königreich von einer ca. 16 Fuss dicken Lavaschicht bedeckt werden. Das Hervorbrechen einer so gewaltigen Masse Lava muss auf die Gestalt der Oberfläche einen grossen Einfluss gehabt haben; die grossen Ausleerungen aus dem Inneren der Erde müssen grosse leere Räume und darauf folgende Senkungen verursacht haben. Wenn sich das Volumen der modernen Lava wenigstens auf 216 Kubikkilometer

[1]) K. v. Fritsch beschreibt ähnliche Lavaröhren auf Ferro, die von den Eingeborenen als Wohnungen benutzt werden. (K. v. Fritsch: Hiero. Leop. 14. Nr. 7—8.)

Digitized by Google

beläuft, und man die grosse Ausbreitung und Mächtigkeit betrachtet, welche die präglaziale Lava in diesen Gegenden hat, so wird man versucht, zu glauben, dass sie keineswegs an Volumen hinter der postglazialen zurücksteht, und man bekommt dadurch einen Begriff von den grossen Veränderungen, die von Anbeginn an in diesen Gegenden vor sich gegangen sein müssen."

Hr. Thoroddsen giebt eine Beschreibung der bedeutenderen Vulkane, wegen der auf das Original verwiesen werden muss. Dann schildert er die von ihm besuchten Solfataren und Fumarolen. „Die Solfataren sind vornehmlich an die Bruchlinie von Süden nach Norden gebunden, die sich auch bis in die letzte Zeit sowohl bei Vulkanausbrüchen als bei Erdbeben wirksam gezeigt hat; dagegen sind die wenigen alkalischen Quellen enger mit dem westlichen Teile dieser Landfläche verknüpft, wo die Richtung Südwest—Nordost die vorherrschende ist; dieses scheint auch, wie vieles andere, darauf hinzudeuten, dass die tektonischen Bewegungen auf der östlichen Linie in historischer Zeit die häufigeren sind, während die westlicheren älteren Datums sind."

Eine untermeerische Eruption nahe der Insel Pantellaria hat Mitte Oktober begonnen. Heftige Erdstösse leiteten sie ein, und den bisherigen Berichten zufolge hebt sich dort ein Felsen aus dem Meere empor. Diese Vorgänge sind von ganz besonderem Interesse. Was die Insel Pantellaria anbelangt, so ist sie vulkanisch und wird von einem niedrigen elliptischen Bergringe aus grauer Trachyt-Lava von 20 *km* Umfang eingefasst, der schwer zugänglich ist. Auf dem inneren Raume dieser Einfassung erhebt sich ein 744 *m* hoher Vulkan, genannt der Sciarghidir, der aus Bimsstein und Obsidianströmen besteht. Überall steigen heisse Wasserdämpfe empor, heisse Mineralquellen entstürzen den Lava- und Bimssteinfelsen und bilden teilweise einen Salzsee und Dunstbäder. Auf den verwitterten Schlacken ist die Vegetation so stark, dass aus den Myrthen- und Lentiscussträuchern Kohlen gebrannt werden, welche nach Malta als Feuerungsmaterial gehen. Die fruchtbaren Thäler liefern Getreide, Wein, Baumwolle, Oliven, Rosinen, Feigen, Kapern u. s. w. Auch zieht man grosse und schöne Esel. Die Insel gehört als ein Fürstentum der Familie Requesens. Sie hat ungefähr 8000 Einwohner, die eine aus dem Arabischen und Italienischen zusammengesetzte Sprache reden. Die Hauptstadt Pantellaria oder Ozzidola, an der Nordwestecke der Insel neben einer warmen kohlensäurereichen Quelle gelegen, hat 3000 Einwohner, Redoute und eine als Gefängnis benutzte Citadelle.

Wer eine Karte des Mittelländischen Meeres mit eingezeichneten Tiefenstufen zur Hand nimmt, erkennt sogleich, dass dieses Meer in zwei grosse Becken zerfällt, welche durch eine schmale Strasse mit geringer Seetiefe zwischen Sizilien und der

Digitized by Google

Küste von Afrika zusammenhängen. Dort zeigt der Verlauf der Tiefenlinie von 100 Faden, dass in einer geologisch ziemlich neuen Zeit Afrika und Europa sich einander beträchtlich nahe kamen, und lässt vermuten, dass, wenn wir noch weiter in die Vergangenheit zurückgehen, beide Festländer zusammenhingen. Diese Schlüsse werden durch die geologischen Verhältnisse bestätigt. Diejenigen Schichten, welche in grosser Ausdehnung im Tunesischen auftreten, finden wir auf der Insel Sizilien wieder. Die jüngsten tertiären Bildungen im südlichen und südwestlichen Teile dieser Insel umsäumen auch den Rand des Syrtenmeeres, und dass dort Hebungen des Bodens stattgefunden haben, die durch lange Pausen der Ruhe unterbrochen wurden, beweisen die den Geologen so wohlbekannten Terrassen. Die Sizilische Strasse ist also ein erdgeschichtlich junger Durchbruch, aber — und das ist eben das Merkwürdige — die Versuche der Natur, dieses Thor wieder zu schliessen, haben bis zur heutigen Stunde nicht aufgehört. Die unterseeischen Eruptionen westlich von der ganz vulkanischen Insel Pantellaria sind, bildlich gesprochen, ein solcher Versuch, und er ereignete sich auf dem submarinen Sockel von weniger als 100 Faden Tiefe, der diese Insel rings umgiebt und aus dem tiefen Meere emporsteigt. Nordöstlich von Pantellaria hat sich ein ähnlicher Vorgang im gegenwärtigen Jahrhundert zweimal wiederholt. In der Zeit vom 28. Juni bis 8. Juli 1831 erhob sich zwischen dem Ufer von Sciacca auf Sizilien und Pantellaria ein Fels aus dem Meere, der eine Rauchsäule ausstiess, welche bei Nacht feurig leuchtete. Die neue Insel erhielt den Namen Nerita oder auch Julia und Ferdinandea. Der Boden derselben war monatelang so heiss, dass man ihn kaum betreten konnte. Er bestand aus Schlacken und vulkanischem Sande, und die unterseeischen Abhänge waren sehr steil. Der Umfang der Insel betrug 3240 Fuss, und ihre grösste Höhe 150. In der Mitte befand sich ein mit heissem Salzwasser gefüllter Krater. Das neue Eiland hatte übrigens wenig Dauer, unaufhörlich spülten die Wellen Teile desselben hinweg, im Dezember 1831 war es schon von der Meeresfläche verschwunden und bildete 10 Fuss unter dem Seespiegel eine Bank von 200 Fuss Durchmesser. Im Juli 1863 zeigten sich bei diesem unterseeischen Felsen abermals vulkanische Erscheinungen, wiederum stieg eine Insel über den Seespiegel hervor bis zu 60 *m* Höhe, aber auch diesmal hatte die Neubildung keine Dauer, das Meer spülte sie nach einigen Wochen fort, und zuletzt blieben zwei Faden Wasser über der Bank. Jetzt scheint nun diese vulkanische Thätigkeit sich westwärts verlegt zu haben oder dort einen Ausweg nach oben zu suchen. Ob mit dauerndem Erfolge, muss die Zeit lehren. Vielleicht sind auch die Skerki-Bänke, das Keith-Riff und Talbot-Riff in der Sizilischen Strasse nichts anderes als Überbleibsel unterseeischer Eruptionen. Dass überhaupt

Digitized by Google

zwischen Sizilien und Tunis das Meer von den alten Ufern zurückweicht und ehemalige Inseln landfest wurden, ist zweifellos. Die alten Häfen von Karthago, Utica und Biserta sind längst trocken, und wo, wie im Hafen von Porto Farina, noch zu Anfang dieses Jahrhunderts Schiffe ankerten, findet jetzt kaum ein Boot Wasser genug unter dem Kiele um flott zu bleiben.

6. Erdbeben.

Die in Württemberg und Hohenzollern vom 1. März 1889 bis 1. März 1890 wahrgenommenen Erderschütterungen sind von Prof. A. Schmidt erörtert worden[1]). Es sind folgende: 1889 März 11. $9^{1}/_{2}{}^{h}$ mit unterirdischem Rollen, 1890 Juni 1. 5^{h}, Oktober 6.—7. Mitternacht, Oktober 14. $2^{1}/_{2}{}^{h}$ früh morgens, Oktober 26. $7^{1}/_{2}{}^{h}$ abends. C. Regelmann[2]) giebt eine geognostische Betrachtung des Schüttergebietes der mittleren Alb am 7. und 14. Oktober. „Bei der Einzeichnung der beobachteten Stossrichtungen für die beiden Erdbeben am 7. und 14. Oktober 1890 in unserer Karte fiel die Übereinstimmung zwischen der Richtung der Stösse und dem Streichen der Schichten ohne weiteres in das Auge. Die meisten Beobachter geben an: Richtung SW—NO, d. h. N 45° O, mehrere aber: Richtung SSW—NNO, d. h. N 22° 30′ O. Bemerkenswert ist ferner, dass am 7. Oktober gleichzeitig Erdstösse in Schaffhausen beobachtet wurden; Schaffhausen liegt aber genau auf der geraden Linie Augstberg—Eisenrüttel.

Durch die geotektonische Untersuchung ist ferner festgestellt worden, dass das Schichtgefälle den Albkörper in dortiger Gegend in drei dem Streichen parallele Zonen scheidet, in eine nahezu horizontale nördliche Randzone, eine schwach gegen Süd geneigte Mittelzone und eine stark gegen Süd einfallende südliche Randzone. Letztere ist meist mit Tertiär bedeckt. Bei der Gebirgserhebung zur Miocenzeit hat also die Stabilität der Albplatte dem von Süden her wirkenden Drucke nicht als Einheit standhalten können, sonst müssten die höchsten Erhebungen am Nordrande liegen. Die nördliche Randzone brach ab und sank teilweise wieder gegen Nord ein. Auf der Grenze zwischen der nördlichen Zone und der Mittelzone liegt also seit alten Zeiten ein Hauptgebirgsbruch — eine Firstlinie —; hier brachen mächtige Basaltmassen zu Tage, und eben diese bilden im Eisenrüttel, Sternberg und wohl auch unter dem Augstberg den festen Kern der im Vorstehenden hervorgehobenen

[1]) Jahresheft des Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg 1891. p. 228 u. ff.

[2]) Ebenda p. 243.

Digitized by Google

Linie Augstberg—Eisenrüttel. Die Erdstösse am 7. und 14. Okt. 1890 sind also Bahnen gefolgt, welche die gebirgsbildenden Kräfte schon in der mittleren Tertiärzeit eingehalten haben. Eine geognostische Eigentümlichkeit des Schüttergebirges bilden ferner die zahlreichen tiefen Querspalten, welche das Gebirge 200—300 *m* tief durchsetzen. Dieselben sind als alte Querbrüche zu betrachten, entstanden bei der miocenen Hebung des Gebirges, und wie unsere Erdbebenkarte zeigt, heute noch von Bedeutung. Die Echazspalte mit den vulkanischen Ausbruchstellen Gross- und Klein-Engstingen einerseits und die hochbedeutsame Lauchertspalte andererseits sind unverkennbar von Einfluss gewesen auf den Verlauf der Erdstösse am 7. und 14. Oktober 1890. Durch Auslösung der Spannungen in diesen Querrissen haben die Stösse wohl eine grosse Gewalt, aber zugleich auch ihr Ende erreicht. Am 7. Oktober 12^h 12^m morgens lag das scheinbare Erdbebenzentrum zwischen Lichtenstein und Gross- und Klein-Engstingen, am 14. Oktober dagegen an der Lauchert in der Nähe von Stetten unter Hohlstein.

Das Schüttergebiet gehört in der Hauptsache ganz den Felsenkalken des mittleren Weissen Jura an; am besten erklären sich die Beobachtungen, wenn man annimmt, die dickbankigen Quaderkalke des Delta haben den Hauptstoss erhalten und pariert. Da diese sich bald unterhalb Neufra und Gammerdingen tief unter das Lauchertbett hinabsenken, so erklärt sich vielleicht ungezwungen, warum am Unterlaufe der Lauchert nichts verspürt wurde. Die plumpen Massenkalke an der Auchtert bei Genkingen nur wenige Meter mächtig, schwellen gegen Süden gewaltig an; am Hochbuche bei Mägerkingen erreichen sie schon 129 *m* Dicke. Überall, wo dieser riesige Keil von Massenkalk eine grössere Dicke erreicht, wurden die Erschütterungen nicht mehr verspürt."

Erdbeben 1889 in Grossbritannien. G. Davison hat 5 Erdbeben untersucht, deren Epizentra im Gebiete der britischen Inseln lagen, und die sich 1889 ereigneten [1]). Von diesen war das erste (vom 18. Januar) ein aus zwei Stössen bestehendes Erdbeben, dessen erster Stoss wenig beachtet worden, während der 2 Std. 43 Min. später, um 6 Uhr 53 Min. auftretende Stoss wohl beobachtet worden ist. Diese zweite Erschütterung hatte die Intensität VI (der Rossi-Forel'schen Skala), betraf ein schwach elliptisches Gebiet, das 30 miles von Nord nach Süd und $26^1/_2$ miles von Ost nach West sich erstreckte und etwa 600 Quadratmiles umfasste. An den meisten Orten zeigte sich der Stoss als einzelne Schwingung, und das eigentümliche Geräusch wurde an vielen Orten gehört, die einem Gebiete angehören, welches weder gleiche Ausdehnung, noch denselben Mittelpunkt hatte wie das

[1]) Proceedings Royal Society, **48.** Nr. 294. p. 275.

Erschütterungsgebiet; das Zentrum des Schallgebietes lag nämlich $2\frac{1}{2}$ miles südlich oder südöstlich vom Epizentrum. Das Erdbeben scheint in Zusammenhang gestanden zu haben mit dem ersten von NW nach SE. verlaufenden Spalte von Pentlands, der nahe beim Zentrum des Schallzentrums vorübergeht; aus der vermuteten Neigung dieses Spaltes wird die Tiefe der seismischen Kraft auf etwa $8\frac{1}{2}$ miles geschätzt. Wahrscheinlich war dieses Erdbeben veranlasst durch eine Rutschung in diesem Spalte, und zwar etwa in der Mitte seiner Länge, mit einer Längenausdehnung von etwas weniger als einer engl. Meile, während die senkrechte Erstreckung des Rutschens von mehreren Meilen Tiefe bis nahe zur Oberfläche reicht.

Das zweite Erdbeben, am 2. Februar $22^h\ 36^m$ von der Intensität VI, betraf ein fast kreisförmiges Gebiet von 55 miles Durchmesser und 2480 Quudratmiles Ausdehnung. Die Art des Stosses war verschieden nach den Beobachtungsorten, und zwar war die Zahl der Bodenschwingungen grösser in oder nahe einer Linie mit dem Irwell-Spalt, als in grösserer Entfernung von demselben. Wie bei dem ersten (Edinburgher) Erdbeben wurden die gewöhnlichen Geräusche an vielen Orten in einem fast kreisförmigen Gebiete gehört, das weder gleich ausgedehnt, noch konzentrisch mit dem Erschütterungsgebiete war. In oder in der Nähe des Irwell-Spaltes hielt das Geräusch länger an, als an von ihm weiter entfernten Punkten. Das Epizentrum lag etwa 2 miles NNE. von Bolton, während das Zentrum des Schallgebietes etwa $3\frac{1}{4}$ miles SSE vom Epizentrum gelegen war. Auch hier wird die Ursache des Erdbebens in einem Rutschen in dem bezeichneten Spalte gesucht, und der Erschütterungsbrennpunkt in etwa $3\frac{3}{4}$ miles Tiefe verlegt.

„Die Exzentrizität des Schallgebietes in diesen beiden Fällen wirft Licht (so führt der Verf. in seiner Mitteilung aus) auf den Ursprung der Schallschwingungen. Die seismographischen Aufzeichnungen zeigen, dass in der Nähe des Anfangs eines Erdbebens die Periode mit der Amplitude zunimmt, und es wird die Ansicht aufgestellt, dass die Schallschwingungen die sehr kleinen Erschütterungen kurzer Periode sind, welche von den oberen und seitlichen Rändern des Rutschgebietes ausgehen. So wird gezeigt, dass diese Theorie alle bekannten Erscheinungen der Erdbebengeräusche erklärt."

Die drei übrigen Erdbeben traten auf am 22. Mai $13^h\ 58^m$, am 15. Juli etwa 18^h und am 5. Oktober um $13^h\ 45^m$. Das Erdbeben 3) stand im Zusammenhange mit dem grossen Spalte, der Schottland von Inverness aus in südwestlicher Richtung durchsetzt. Die Erdbeben 4) und 5) hatten eine mehr elliptische Gestalt, und die Gebiete, in denen man die Geräusche mit vom Zentrum nach der Peripherie abnehmender Stärke hörte, deckten sich ziemlich mit den Erschütterungsgebieten.

Digitized by Google

Davison stellt zum Schlusse Vergleiche an zwischen den britischen und den schweizerischen Erdbeben und betont, dass erstere selten, ihre Schüttergebiete mehr oder weniger kreisförmig sind, was auf kurze Faltenrutschungen hinweise. Die Schweizer Erdbeben sind hingegen häufig, ihre Gebiete langgestreckt, und die Axen derselben sind parallel den benachbarten Gebirgsrücken; die Faltenrutschungen sind entsprechend lang. Sie sind Zeugnisse von verhältnismässig späten, bezw. frühen Stadien der Gebirgsbildungsprozesse.

Über die Erdbeben in Norwegen seit 1834 hat J. G. Thomassen statistische Mitteilungen gemacht[1]). Hiernach tritt das Maximum der Häufigkeit im Januar, das Minimum im Juli ein, und ist die vorherrschende Bewegungsrichtung diejenige aus W und N.

Die Erdbeben in Italien und Australien am 7. Juni 1891. An genanntem Tage fanden in Süditalien, in dem Bereiche des Vesuv, schwere Erderschütterungen statt, ebenso leichte Stösse in Oberitalien im Gebiete von Verona. Merkwürdiger Weise wurden an dem gleichen Tage auch in Südaustralien mehrere, gut ausgeprägte und von einander unterscheidbare Erdstösse wahrgenommen, die allerdings bei weitem nicht den verhängnisvollen Charakter der Ereignisse in Italien hatten und in der That eben nur als Stösse oder starkes Erzittern bezeichnet werden dürfen, indessen doch hinreichten, um bei einigen Personen das Gefühl des Schwindels zu erzeugen[2]). Es sind folgende Stösse registriert: 7. Juni $2^h\ 5^m$ p. m. wurde in ganz Melbourne und einem Umkreise von 360 engl. Quadratmeilen der erste Stoss wahrgenommen. Diesem folgte ein zweiter, schwächerer um $2^h\ 45^m$, der wesentlich auf der östlichen Seite des vorbezeichneten Gebietes sich fühlbar machte. Um $7^h\ 20^m$ p. m. trat ein starker Stoss in Kapunda, Südaustralien, auf, dem um $6^h\ 45^m$ p. m. ein leichter Stoss in Stockport, S.-A., vorangegangen war. Die Richtung der Stösse wird verschiedentlich angegeben, NW nach SO, SO nach NW, N nach S, S nach N, welche Angaben aber wohl mit grösster Wahrscheinlichkeit in das Resultat zusammengezogen werden dürfen, dass der Stoss von N nach S erfolgte. Auch scheint die Vermutung des Herrn Ellery, dass die zu Kapunda und Stockport wahrgenommenen Stösse identisch waren, wohl zulässig, da eine genaue Zeitbestimmung im Inneren Australiens, in weiterer Entfernung von den grossen Städten, nicht vorhanden ist. Die geographischen Koordinaten der drei genannten Orte des Erschütterungsgebietes sind:

Stockport	34°	21′	S. Br.,	138°	57′	Ö. L. Greenw.
Kapunda	34	21	„	138	46	„
Melbourne	37	50	„	144	58	„

[1]) Bergens Museum Aarsberetning 1888. Bergen 1889.
[2]) Nature 1891, Juli 23.

In der „Nature“ vom 30. Juli macht Herr J. P. O'Reilly (Royal College of Science for Ireland, Dublin) zu dem Gegenstande folgende Bemerkung. Er weist darauf hin, dass sowohl das italienische wie das australische Erschütterungsgebiet in der Nähe eines grössten Kreises liegen, der durch die südwestaustralische Küstenlinie bestimmt wird, d. h. durch die Linie durch Kap Hamlin und Kap Chatham. Melbourne steht etwa 370 engl. Meilen nach Norden von diesem Kreise ab, und derselbe schneidet Italien nahe bei Catanzaro, welches 65 engl. Meilen nördlich vom Vesuv liegt. Der genannte Kreis ist eine Kurve grösster Kompression der Erdoberfläche, da er zum weitaus grösseren Teile auf ozeanischem Gebiete verläuft. Seine grösste festländische Erstreckung liegt in Arabien, das er in der Richtung NW—SO durchstreift. Es erscheint bemerkenswert, dass auch die äolischen Inseln (Erderschütterung am 24. Juni) in der Nähe dieses Kreises liegen — Stromboli ist etwa 40 engl. Meilen südlich von ihm entfernt —, und dass ferner die Stadt Charleston, Südcarolina (heftiger Stoss um Mitternacht des 23. Juni) nur 650 engl. Meilen NW von dem südaustralischen Küstenkreise absteht [1]).

Über die Zeit der obigen Erdstösse in Oberitalien hat Prof. A. Griran Materialien gesammelt [2]). Danach traten undulatorische Erschütterungen in Verona um $1^h\ 7^m$a ein, in Velletri um $2^h\ 1^m$.

Das Erdbeben von Wernoje am 28. Mai 1887 ist von J. Muschketof sorgfältig studiert worden [3]). Hiernach begann dasselbe mit einigen schwachen Stössen, dem die Haupterschütterung $4^h\ 35^m$ mittl. Zeit von Wernoje folgte; auch später traten noch leichte Stösse ein bis zum Februar 1888. Das Epizentrum scheint zwischen Usum-agatsch und Talgar gelegen zu haben und der Ausgang der zerstörenden Kraft in 5–8 *km* Tiefe. Die Erschütterung gehört anscheinend zu den tektonischen Beben und steht in Beziehung zu den Bruchlinien an der nördlichen Seite des Thianschan. Die Zerstörungen und Veränderungen an der Erdoberfläche, welche dieses Erdbeben verursachte, sind besonders in der Nähe des Epizentrums ungeheuer. Von den Abhängen stürzten Erd- und Steinmassen herab, Schlammströme füllten die Thäler und bewegten sich abwärts, um allmählich zu erstarren. Manche Thäler wurden um 40 bis 60 *m* erhöht. Im Thale des Ak-Dschar erfolgte ein ungeheurer Bergsturz. Vielfach entstanden Schuttwälle, welche äusserlich Moränen ähnlich sind und diese Thatsache mag zur Vorsicht bezüglich der Deutung solcher Bildungen mahnen.

[1]) Naturwissenschaftl. Wochenschrift, 1891, Nr. 33.
[2]) Rassegna della Science geologiche in Italia Anno I Fasc. I. II. Roma 1891.
[3]) Iswestija d. V. v. geogr. Ges. **24.** p. 66 u. ff.

Digitized by Google

Erdbeben auf Island. Thoroddsen[1]) schildert die Wirkungen eines solchen in der Landschaft Kelduhverfi am 25. Januar 1885. „Die Erschütterung währte 2—3 Minuten mit einer solchen Intensität, dass die Leute weder draussen, noch drinnen sich aufrecht erhalten konnten. Die Erde bekam eine Menge Risse, aus denen das lehmige Wasser mehrere Klafter in die Höhe geworfen wurde. Beim Gehöfte Grásida bildeten sich mehrere Spalten, von denen die grösste eine Breite von $1^1/_4$ Ellen hatte, und deren westlicher Rand eine halbe Elle höher war als der östliche; alle Sprünge waren voll Wasser. Beim Gehöfte Lón bei Fjallahöfn entstanden sehr lange Spalten, die Schlamm und Schutt bis zu einer Höhe von mehreren Faden auswarfen; grosse Steine wurden auf die höheren, westlichen Spaltenränder emporgeschleudert. Mehrere alte Lavarisse wurden durch das Erdbeben abwechselnd erweitert und zusammengedrückt, und eine alte Spalte war nach dem Erdbeben eine Elle schmaler als zuvor. Beim Gehöfte Sultir löste sich ein Felsstück von der Grösse einer Kubikklafter, von dem vor dem Erdbeben ein Drittel in der Erde begraben und festgefroren gelegen hatte, und kehrte seine unterste Seite nach oben. Grosse Bergstürze gingen von den Höhen auf der östlichen Seite der Halbinsel Tjörnes nieder, und die Flüsse führten eine ungewöhnlich grosse lehmige Wassermasse. Das Eis auf dem See Víkingavatn, welches eine Dicke von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Ellen hatte, wurde in unzählige Stücke zerrissen und diese als hohe Wälle an den Gestaden des Sees aufgetürmt; grosse Stücke gefrorener Erde wurden von der Unterlage losgerissen und blieben aufgekantet stehen. Auf den flachen Sandstrecken im Westen des Víkingavatn wurde der Sand in 50—60 Klafter hohen Säulen emporgeworfen wie bei einem Ausbruche; bei jedem Stosse begannen die Sanderuptionen im Osten und schritten nach Westen fort, gleichzeitig bildeten sich hohe Sandkrater, die sogleich darauf zusammenfielen und verschwanden. Diese Sanderuptionen dauerten ungefähr 15 Minuten. Den nächsten Tag fanden sich auf den Sandflächen mehrere grosse Erdfalllöcher, deren grösstes einen Umfang von 60—70 Faden hatte; diese Löcher waren halb mit Wasser angefüllt, ihre steilen Seiten waren ca. 3 Ellen hoch, in der Mitte konnte man aber wegen des Wassers die Tiefe nicht erkennen. Die Sandfläche war nach dem Erdbeben von einer Menge kleiner, 3—6 Zoll breiter Spalten zerklüftet, und hier und da waren die zusammengefrorenen Sandplatten auf einander gehäuft, aufgerichtet oder schräg. Dieses heftige Erdbeben verursachte natürlich bedeutenden Schaden, jedoch ohne dass ein Menschenleben dabei verloren ging; fast alle Gehöfte in dieser Gegend wurden mehr oder weniger beschädigt. Man nahm dieses Erdbeben bis zum Eyjafjördur wahr, zu Húsavik waren die Erschütterungen von viel glimpflicherer Art."

---

[1]) Mitt. d. geogr. Ges. in Wien 1891. p. 272.

Digitized by Google

Die Erderschütterungen in der Alha Verapaz (Guatemala) entstehen nach Sapper[1]) höchst wahrscheinlich durch Einstürzen, indem zahlreiche unterirdische Höhlen und Wasserläufe häufig kleine Erdfälle veranlassen. Mit dieser Ansicht steht die Thatsache in Übereinstimmung, dass die grösste Zahl der (20) Bodenerschütterungen gegen Ende der Regenzeit stattfindet, auch ist das Verbreitungsgebiet dieser Erschütterungen sehr klein.

Erdbeben in Japan. Das ausgedehnte Netz seismographischer Stationen in Japan gestattet recht genaue statistische Angaben über Häufigkeit und Verteilung der dort auftretenden Erdbeben. Die nachstehende Tabelle enthält[2]) die Verteilung der Erderschütterungen auf die einzelnen Monate in den Jahren 1885—87.

Monat.	1885.	1886.	1887.	Mittel.
Januar	32	38	41	37.0
Februar	44	39	58	47 0
März	37	49	30	38.7
April	37	38	29	34.7
Mai	51	58	60	56 3
Juni	38	30	38	35.3
Juli	32	36	38	35.3
August	38	46	35	39.7
September	45	41	43	43.0
Oktober	41	33	20	31.3
November	47	22	35	34.7
Dezember	40	42	56	46.0
Total	482	472	483	479.0

Das Maximum fällt auf den Mai, das Minimum auf den Oktober, letzteres schwankt erheblich, während das Maximum zeitlich recht stabil erscheint. Teilt man das Jahr in eine warme und eine kalte Hälfte, so ergiebt sich in der Forschung der Erschütterungen kein erheblicher Unterschied. Werden die 1437 aufgeführten Erschütterungen nach den Tagesstunden verteilt, so hat man folgende Tabelle:

Stunden.	Mrgns.	Abends.	Stunden.	Mrgns.	Abends.
0h— 1h	50	48	6h— 7h	57	61
1 — 2	58	75	7 — 8	51	50
2 — 3	82	71	8 — 9	63	71
3 — 4	64	55	9 —10	62	69
4 — 5	45	46	10 —11	41	81
5 — 6	62	43	11 —12	61	70

[1]) Zeitschrift d. deutschen geolog. Ges. **42.** p. 160.
[2]) Ciel et Terre 1891, Nr. 8, p. 171.

Das Maximum fällt hiernach auf 2 bis 3 Uhr früh, das Minimum auf 10 bis 11 Uhr vormittags. Was die Intensität der Erschütterungen anbelangt, so hat man dafür nach Schätzung der Beobachter folgende Angaben:

Jahr.	Stark.	Schwach.	Sehr schwach.	Total.
1885	40	294	325	659
1886	34	253	305	596
1887	35	268	370	683
Mittel . . .	41	2 2	333	646

Was die Mittelpunkte der Erschütterung anbelangt, so ist es schwierig, dieselben einigermassen genau anzugeben. Im allgemeinen kann man behaupten, dass diese Zentren sich häufiger in den äusseren Küstenregionen und in den umgebenden Meeren als im Inneren des Landes befinden.

Grosses Erdbeben in Japan. Am 27. Oktober 1891 hat in Japan ein furchtbares Erdbeben stattgefunden, von welchem die Zeitungen berichteten. Wissenschaftliche Mitteilungen darüber liegen indessen bis Schluss des Jahres 1891 noch nicht vor. Dagegen ist festgestellt, dass die Erderschütterung sich auf der Sternwarte in Berlin in einer Niveaustörung an den Libellen bemerklich machte und ebenso an den magnetischen Apparaten zu Potsdam [1]). Von den drei selbstthätigen, die Schwankungen der erdmagnetischen Elemente aufzeichnenden Instrumenten ist eines, die magnetische Wage, in Schwingungen geraten. Da andere Ursachen für diese, sich durch eine Unterbrechung der photographischen Kurven kennzeichnende Erscheinung nicht vorhanden sind, so ist man berechtigt, dieselbe dem Einflusse jener Erschütterung zuzuschreiben, und zwar wird man nicht fehl gehen, wenn man eine mechanische Einwirkung auf das genannte Instrument annimmt. Die Zeitangaben lassen sich von den photographischen Kurven auf etwa 1/4 Minute genau entnehmen, die genauere Musterung der Kurve hat folgendes ergeben:

Eine erste schwache Bewegung fand statt um	11^h	18^m	p. m. M Z. Potsd.
Eine zweite wesentlich stärkere begann um .	11	21	„ „
Eine dritte gleichfalls stärkere begann um . .	11	28	„ „
Dieselbe dauerte bis	11	33	„ „
Schwächere Bewegung hielt an bis etwa . .	11	38	„ „

„Es dürfte interessant sein," bemerkt Dr. Eschenhagen, „aus diesen und etwaigen von anderen Observatorien vorliegenden Beobachtungen zu untersuchen, ob die von Offret, Mitglied der französischen Erdbebenkommission bei Untersuchung des Erd-

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1885 **2.** p. 76 und 1887 **4.** p. 147 Annalen d. Hydrographie 1889 **17.** p. 313.

Digitized by Google

bebens an der Riviera vom 23. Febr. 1887 gefundene Thatsache sich bestätigt, dass mit der Entfernung vom Epizentrum die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wächst. Beachtung verdient ferner der Umstand, dass allein die sehr empfindlich aufgestellte magnetische Wage in Schwingungen geriet, die mit ihrem in der magnetischen Ost-West-Ebene schwingenden Wagebalken sich in der günstigsten Stellung befand, während dieselbe bei dem Erdbeben von Verona am 7. Juni auf den von Süden kommenden Stoss unbeweglich blieb. Damals gerieten hingegen die unifilar und bifilar aufgehängten Magnete in Schwingungen um $2^h\ 12^m$a m. M. Z. Potsd. Aus diesen, wie aus früheren Beobachtungen[1]) ergiebt sich, dass die erdmagnetischen Variationsinstrumente zu den empfindlichsten seismographischen Apparaten gerechnet werden dürfen, insbesondere darf man dies von der magnetischen Wage annehmen, die einem kurzen, aber sehr empfindlichen Pendel zu vergleichen ist, und die man in verschiedenen Azimuten verwenden müsste."

7. Strandverschiebungen, Korallenriffe, Inseln.

Die Bewegung der Strandlinien in Schweden und Finnland ist unter Mitteilung des gesamten zur Zeit vorhandenen Beobachtungsmateriales von L. Holmström dargestellt worden[2]). Als Ergebnis findet sich, dass eine negative Verschiebung fast überall unzweifelhaft ist, doch ist dieselbe seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Abnahme. Es ist ziemlich sicher, dass die negative Bewegung im Bottnischen Meerbusen im Norden am grössten ist und gegen die Alandsinseln hin am geringsten. Zahlreiche alte Denkmäler, z. B. Hünengräber, scheinen zu beweisen, dass während vieler Jahrhunderte der Meeresspiegel nicht in gleichem Masse wie heute sank. Holmström ist der Meinung, dass die Senkung des Meeresspiegels reell ist, und glaubt als Hauptursache einen verminderten Wasserzufluss der Ostsee und vermehrten Abfluss durch den Sund und die Belte annehmen zu müssen.

Strandverschiebungen auf der Insel Sardinien sind nach dem von E. Marcialis zusammengebrachten Materiale[3]) nicht zu bezweifeln, da sich beinahe rings um die ganze Insel quartäre Ablagerungen bis in Höhe von 100 *m* über dem gegenwärtigen Meeresspiegel vorfinden. Nahe beim Vorgebirge S. Elia finden sich fern vom Strande und in Höhen bis zu 10 *m* über dem Meere im miocänen Kalksteine mehrere sogenannte Riesentöpfe

---

[1]) Astr. Nachr. Nr. 3067.
[2]) Kongl. Svensk. Akad. Handl. **22.** Nr. 9.
[3]) Marcialis Alcune prove del sollevamento della Sardegno. Cagliari 1890.

Digitized by Google

und Strudellöcher. Marcialis glaubt, aus diesen Thatsachen auf eine Hebung Sardiniens seit der Quartärzeit schliessen zu müssen.

Alte Küstenlinien auf der Insel Mount Desert des Staates Maine sind von N. S. Shaler untersucht und beschrieben worden [1]). Er kommt zu dem Schlusse, dass diese Insel nach dem Verschwinden des diluvialen Eises unter die Meeresfläche sank, fast bis zu den Gipfeln ihrer höchsten Berge. Dann hob sie sich mit Ruhepausen, zeitweilig sehr schnell; in der Ruhezeit arbeitete das Meer die Steilufer aus.

Die Strandlinien rings um die grossen nordamerikanischen Seen sind von J. W. Spencer beschrieben worden [2]). Dieselben zeigen sich auf sehr grosse Erstreckungen, so die Algonquin-Strandlinie, welche längs des Huron-, Michigan- und Oberen-Sees fortläuft, die Iroquislinie am Ontario, ein ununterbrochener Zusammenhang dieser Linien lässt sich jedoch nicht feststellen. Dagegen findet Spencer einen solchen in höherem Niveau, woselbst nach seiner Ansicht Strandlinien auftreten, die das ganze Seengebiet umschliessen und auf ein voreinstiges grosses Becken deuten, aus dem sich die heutigen Seen herausgegliedert haben. Interessant ist, dass die Strandlinien und auch die ziemlich häufig vorkommenden Terrassen nicht immer horizontal sind, sondern verschieden grosse Neigungen gegen einander aufweisen, östlich von der Georgian Bai steigt diese Neigung sogar auf 4.1 Fuss pro Meile. Sämtliche Strandlinien sind jünger als die Driftablagerungen, marine Bildungen fehlen, und es ist daher nicht wahrscheinlich, dass das ehemalige grosse Seebecken (für welches Spencer den Namen Lake Warren vorschlägt) mit dem Ozeane in Verbindung stand.

Die Theorien über die Bildung der Koralleninseln und Korallenriffe haben eine kritische Beleuchtung und Prüfung durch Dr. R. Langenbeck erfahren [3]). Die Kalkablagerungen der Korallentiere finden sich hauptsächlich zwischen 28° nördl. und 28° südl. Breite in den wärmeren Teilen des grossen und indischen Ozeans, aber auch im atlantischen Meere, nämlich in Westindien. Man unterscheidet nach dem Vorgange der Seeleute: 1. Korallenbänke (Saumriffe), die sich den Küsten des Landes unmittelbar anschliessen und dabei wenig oder nicht über den Meeresspiegel hervorragen; 2. Korallenriffe (Barrièreriffe), dem Laufe der Küste folgend, aber von dieser durch einen Kanal getrennt; 3. Atolle (Lagunenriffe), runde, sehr niedrige Korallenfelsen, bei denen ein schmaler, ringförmiger Wall ein seichtes Wasserbecken umgiebt, welches bisweilen mit dem Meere zusammenhängt. Die Korallen gedeihen nur in warmen Meeren

---

[1]) Eight annual report U. St. geolog. survey. Washington 1889.
[2]) Americ. Journ. of Science 1891. Nr. 41. p. 201.
[3]) Langenbeck, Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und ihre Bedeutung für geophysische Fragen. Leipzig 1891.

und bis zu Tiefen von etwa 40 *m*. Da die Riffe indessen bis zu ungeheuren Tiefen hinabreichen, so beweist dies nach Darwin's Anschauung, dass dort der Meeresboden sich im Laufe sehr langer Zeiten langsam senkte, während die Korallen auf den oberen Rändern des sinkenden Riffes fortwährend nachbauten. Die Atolle bezeichnen die Lage versunkener Inseln, um welche die Korallen ursprünglich Saumriffe bauten, die in dem Masse, als die Inseln sanken, zu Barrière- und endlich zu Lagunenriffen wurden. So verknüpft die Theorie Darwin's die drei Hauptformen der Riffe mit einander und stellt sie dar als verschiedene Stadien einer und derselben Entwickelungsreihe, was man wohl schon an und für sich als schwerwiegendes Moment zu Gunsten dieser Theorie ansehen darf und wirklich angesehen hat. Diese Theorie Darwin's hat aber noch eine weitere geophysikalische Bedeutung, denn indem sie die Erklärung für die Bildung der Riffe giebt, gestattet sie umgekehrt den Schluss, dass alle Gebiete, in denen sich Barièreriffe und Atolle finden, Senkungsgebiete sind, dagegen solche mit Strandriffen entweder stationäre oder Hebungsgebiete vorstellen.

Über Dana's wichtige Untersuchungen bemerkt Dr. Langenbeck zusammenfassend, dass jener Darwin's Hypothese durch eine Reihe neuer Gesichtspunkte bekräftigte. „So machte er die Beobachtung, dass sehr viele der von Barrièreriffen eingeschlossenen Felseninseln sehr tiefe fjordartige Einschnitte zeigen, die er, gewiss mit Recht, als Anzeichen einer stattgefundenen Senkung in Anspruch nahm. Die Gambierinseln, Bolabola und Raiatea unter den Gesellschaftsinseln, die Exploringinseln in der östlichen Fidjigruppe, Hogoleu im Karolinenarchipel und Vanikoro sind treffliche Beispiele für diese Erscheinung. An Inseln, die nur von Strandriffen umgeben sind, sollen sich nach ihm dagegen solche tiefe Einschnitte niemals finden, sondern nur seichte Ausbuchtungen der Küste. Dana fand ferner, dass die Atolle selbst noch wieder in drei verschiedene Gruppen eingeteilt werden können: 1. Atolle, die sich einige Meter über die Hochwassermarke erheben und reichlich mit Bäumen und Strauchwerk besetzt sind; 2. Atolle von grösserem oder kleinerem Umfange, die grösstenteils von den Gezeiten bespült werden und wenig oder gar keinen Pflanzenwuchs zeigen; 3. ganz kleine Atolle, deren Lagune verschwunden ist und sich nur noch in einer inneren Depression zeigt. Dana erklärte diese Unterschiede aus der verschiedenen Intensität und Dauer der Senkung. Ausgedehnte Vegetation kann sich offenbar nur da bilden, wo die abwärts gerichtete Bewegung entweder zum Stillstande gekommen oder wenigstens sehr langsam vor sich geht, während sehr rasch sich senkende Atolle meist kahl bleiben und ausserdem, da die Korallen nicht ganz senkrecht in die Höhe wachsen, beständig an Grösse abnehmen werden. Dana stellte nun weiterhin fest, dass jene drei Atollformen nicht

Digitized by Google

regellos unter einander vorkommen, sondern eine regelmässige Anordnung zeigen, und fand darin einen weiteren Beweis für die Senkungstheorie. Auch glaubte er, auf Grund dieser Thatsache eine Zunahme der Senkung von den Paumotus nach Norden und Nordwesten und als eigentliche Axe des Senkungsgebietes, d. h. als die Linie, längs welcher die grösste und anhaltendste Senkung stattgefunden habe, eine Linie annehmen zu dürfen, die von dem südlichen Japan sich nach Südost südlich von den Marquesasinseln nach der Osterinsel hinzieht. In der seinem „Manual of Geology" beigegebenen physikalischen Erdkarte ist dieselbe eingetragen. Als ein zweites Depressionsgebiet innerhalb des Stillen Ozeans sieht Dana das Gebiet zwischen der Ostküste Australiens und Neu-Kaledonien an, dessen Axe das Korallenmeer von Nordwest nach Südost durchschneidet.

In bezug auf die allgemeinen Folgerungen befindet sich übrigens Dana nicht überall mit Darwin vollständig in Übereinstimmung. So glaubt er namentlich, dass Gebiete, in welchen die Korallenbildungen vorwiegend oder ausschliesslich in der Form von Strandriffen auftreten, durchaus nicht immer stationäre oder Hebungsgebiete sind, sondern dass auch hier unter Umständen Senkungen, wenn auch von geringerem Betrage, stattgefunden haben können. Er weist dabei darauf hin, dass die grosse Steilheit der Küsten oder neuere vulkanische Thätigkeit die Bildung ausgedehnter Riffe verhindern können. So fehlen an den Küsten der Marquesasinseln, deren tief in das Land einschneidende Buchten eine Senkung zu beweisen scheinen, dennoch infolge der ausserordentlichen Steilheit derselben Barrièreriffe gänzlich, und selbst Strandriffe sind dort nur sehr sparsam entwickelt. Während ferner Darwin für die meisten der durch Barrièreriffe und Atolle charakterisierten Gebiete eine noch im Fortschreiten begriffene Senkung annahm, ist Dana der Überzeugung, dass diese Bewegung in vielen Gebieten bereits zum Stillstande gekommen, ja in anderen in die entgegengesetzte Bewegung übergegangen ist. Er befindet sich dabei durchaus in Übereinstimmung mit einem der anderen Naturforscher der Wilkes'schen Expedition, Couthouy, der in seiner Abhandlung: „Remarks on coral formation", auf die gehobenen Koralleninseln der Südsee gerade mit besonderem Nachdrucke hingewiesen hat."

Semper's Einwendungen gegen die Darwin'sche Theorie sind weniger gewichtig als diejenigen von Rein, der während eines zweijährigen Aufenthaltes auf den Bermudasinseln die dortigen Korallenriffe genau kennen lernte und zu der Überzeugung gelangte, dass für sie die Darwin'sche Theorie nicht zutreffend sei. Dagegen spricht ihm vor allem die Existenz eines Barrièreriffs auf der Nord-, eines Strandriffs auf der Südseite und das Vorkommen von ausgedehnten Bänken rezenter Muscheln in Höhen von mehreren Metern über der Hochwassermarke, das für eine

Digitized by Google

neuerdings stattgefundene Hebung spricht. Dagegen hat Rein nirgends Zeichen für eine Senkung finden können. Denn das Vorhandensein isolierter Felsen auf dem Nordriffe, die auch ihm nur als Reste einer einst grösseren Insel erscheinen, hält er nicht für Beweise einer solchen, sondern nur für Zeugnisse einer mächtigen Zerstörung durch die Brandung. Auch betrachtet er die zunächst benachbarten Küsten Amerikas und Afrikas als durch Hebung trocken gelegte marine Bildungen und glaubt daher, zu dem Schlusse berechtigt zu sein, dass die Bermudasinseln in einem Hebungsgebiete gelegen seien.

Die Untersuchungen des Grafen Pourtalès in den westindischen Meeren lehrten ausserdem, dass unter günstigen Umständen nur durch die Anhäufung der Hartteile verschiedener Organismen sich ausgedehnte Sedimentbänke aus erheblichen Meerestiefen bis nahe an die Oberfläche erheben können. Solche Bänke müssen aber, wenn sie die nötige Höhe erreicht haben, eine sehr geeignete Grundlage für die Bauten riffbildender Korallen abgeben. Es zeigt sich so die Möglichkeit des Aufbaues von Korallenriffen aus grossen Meerestiefen ohne Senkung des Untergrundes. Diese Anschauung bildet die eigentliche Grundlage der neuen Korallenrifftheorie Murray's [1]). Auch er geht in seiner Abhandlung von den Schwierigkeiten aus, welche seiner Ansicht nach der Darwin'schen Senkungshypothese bei solchen Inselgruppen entgegenstehen, welche, wie die Fidji- und Palauinseln, nahe bei einander alle drei Arten von Riffen, Strandriffe, Barrièreriffe und Atolle besitzen. Auf Grund der neueren Tiefseeforschungen glaubt er konstatieren zu können, dass sich Atolle im allgemeinen auf unterseeischen Bergrücken gruppieren, und denkt sich ihre Entstehung auf folgende Weise. Die eigentliche Grundlage der Atolle sind submarine Berge, in den meisten Fällen wahrscheinlich vulkanische Piks. Auf diesen lagern sich nun Schalen von Foraminiferen und Mollusken, Kalkgerüste von Tiefseekorallen, Echinodermen u. a. ab und erhöhen so die Berge. In den grösseren Tiefen des umgebenden Ozeans werden diese Ablagerungen sehr viel geringer sein oder ganz fehlen, da die Kalkschalen hier grösstenteils beim Herabsinken durch die Kohlensäure des Meerwassers aufgelöst werden, ehe sie den Boden erreichen. Infolgedessen werden jene unterseeischen Berge durch die Sedimentablagerungen nicht nur absolut an Höhe gewinnen, sondern auch im Verhältnisse zu den sie umgebenden, tiefer gelegenen Teilen des Ozeans, und werden daher steil aus grossen Tiefen aufsteigen. Schliesslich werden sie sich bis zu solchen Tiefen erheben, in denen riffbildende Korallen leben können, und diese werden dann durch ihre Bauten das Gebäude krönen. Die in solcher Weise

---

[1]) Proceedings of the royal society of Edinburgh **10.** 1879/80. p. 505 bis 518 und Nature **39.** 1888 p. 424—428.

auf submarinen Bergen gebildeten Korallenpflanzungen nehmen die Atollform an dank der reichlicheren Ernährung des Aussenrandes und der Entfernung des toten Korallenfelsens aus den inneren Teilen durch die Meeresströmungen und die auflösende Wirkung der im Seewasser enthaltenen Kohlensäure. In ganz ähnlicher Weise bilden sich Barrièreriffe auf der Grundlage von vulkanischem Schlamme und Meeressedimenten.

Langenbeck weist nun nach, dass die Verhältnisse im Stillen Ozeane, wo Darwin seine Studien machte und auf die er seine Erklärung anwandte, ganz andere sind als diejenigen in Westindien (und den Philippinen). „Die Korallenriffe Westindiens," sagt er, „haben sich aufgebaut innerhalb und an den Rändern eines Mittelmeeres von geologisch verhältnismässig jungem Alter, eines Mittelmeeres, das der Hauptsache nach entstanden ist durch den Zusammenbruch eines alten Faltengebirges. Dieses Gebirge, das von Suess als die Cordillere der Antillen bezeichnet wird, hat sich zum Teile noch erhalten in den grossen Antillen und den Bergzügen von Guatemala und Honduras. Weitere Teile desselben treten als unterseeische Bergzüge und vereinzelte Massive noch deutlich hervor, während andere zu grossen ozeanischen Tiefen versunken sind. Gerade dieses verschiedene Ausmass, bis zu welchem die Absenkung stattgefunden hat, bringt die namentlich für den nordwestlichen Teil des Karaibischen Meeres charakteristischen Unterschiede zwischen grossen ozeanischen Tiefen und verhältnismässig flachen Meeresteilen hervor, die durch ganz steile Abhänge verbunden fast unvermittelt aneinander stossen. Die äusserste Kette des grossen Gebirgssystems endlich zeigt sich in den flachen Falten, welche die Halbinsel Florida durchziehen und sich nach Südosten in die Kette der Bahamas und vielleicht bis in die äusserste Kette der Kleinen Antillen fortsetzen [1]). Im Osten sehen wir ferner eine reiche vulkanische Thätigkeit entfaltet, und infolge derselben finden wir dort bedeutende Anhäufungen unterseeischer Tuffmassen. Kurz, überall in dem ganzen Gebiete finden sich für die Korallenbauten geeignete unterseeische Grundlagen von mannigfachster Art und Gestalt. Aber auch für die weitere Erhöhung dieser Grundlagen sind in Westindien die Bedingungen ausserordentlich günstige. Im Süden bringen die Meeresströmungen gewaltige Sedimentmassen mit sich, und im Norden sind dieselben das Gebiet einer aussergewöhnlich reichen Entfaltung tierischen Lebens, wie wir es in dem Reichtume und der Mannigfaltigkeit noch aus keinem anderen Meere kennen. Dadurch war einmal eine bedeutende Ablagerung von Kalksediment bedingt, während andererseits der grosse Reichtum des tierischen Lebens auch das Wachstum der Korallen selbst befördern musste, denen hier stets reichliche Nahrung sich darbot.

---

[1]) Suess, „Das Antlitz der Erde" 1. Abschn. X.

Endlich musste der Verlauf der Meeresströmungen selbst, die bald in breitem Strome langsam dahinfliessen, bald in enge Kanäle zwischen die Inseln eingezwängt eine grosse Stärke und Schnelligkeit erreichen, auf die Gestaltung der verschiedenen Riffformen von erheblichem Einflusse sein.

In den Philippinen haben wir ein Gebiet von viel geringerem Umfange als Westindien vor uns. Ausserdem haben in demselben, wie wir gesehen, in neuerer Zeit ziemlich bedeutende Hebungen stattgefunden, während solche in Westindien kaum oder jedenfalls nur in sehr geringem Betrage zu konstatieren sind. Im übrigen haben wir hier vielfach ganz analoge Verhältnisse. Auch die Philippinen liegen dem Festlande ziemlich nahe, am Rande eines Mittelmeeres, und sind ebenfalls die Reste eines alten, zertrümmerten Faltengebirges. Vulkanische Erscheinungen spielen hier gleichfalls eine hervorragende Rolle, und in den zwischenliegenden Meeresarmen, deren Tiefen nirgends sehr bedeutende zu sein scheinen, herrscht ein sehr reges tierisches Leben. Dass ferner auch hier den Meeresströmungen ein hervorragender Anteil an der Gestaltung der Korallenriffe zukommt, ist schon ausgeführt. Ähnliche, wenn auch im einzelnen abweichende Verhältnisse scheinen auch auf den Salomonsinseln zu bestehen.

Vergleichen wir nun mit diesen Gebieten den Teil des Stillen Ozeans, der nördlich einer von dem Südende der Philippinen nach Tahiti gezogenen Linie liegt, oder die Partie des Indischen Ozeans, welche von den Lakkediven, dem Maldiva- und Chagosarchipele eingenommen wird, so finden wir hier absolut andere Verhältnisse. Wir haben hier weite ozeanische Gebiete, fern vom Festlande mit überall grossen Tiefen, aus denen sich mit steilen Böschungen die einzelnen Inseln zum Meeresspiegel erheben. Nirgends ist etwas von Resten alter Gebirgsketten wahrzunehmen, und auch die vulkanische Thätigkeit ist ganz oder nahezu erloschen. Von den zahlreichen kleinen Inseln dieser Gebiete sind nur einige wenige erloschene Vulkane, die ganz überwiegende Mehrzahl vielmehr echte Koralleninseln. Viele derselben liegen ferner ganz ausserhalb der grossen ozeanischen Strömungen, und wo sie von denselben getroffen werden, muss ihr Einfluss auf die Bildung der Koralleninseln ein weit geringerer sein, da sie in dem offenen Ozeane sich viel gleichmässiger ausbreiten und ausserdem keine grossen Sedimentmassen mit sich führen. Nur das tierische Leben dürfte wohl auch in diesen Meeren reich entwickelt sein, wenn auch nicht in der Fülle, wie in Westindien und in der Umgebung der Philippinen.

Nicht minder grosse Verschiedenheiten aber zeigen uns die Korallenbildungen der beiden Gebietsgruppen selbst. Schon Hunt hat mit Recht darauf hingewiesen, dass man die Namen „Strandriff“, „Barrièreriff“ und „Atoll“, die den Gebilden des Stillen und

Digitized by Google

Indischen Ozeans entnommen und durch Darwin allgemein üblich geworden sind, auf die Riffe Westindiens eigentlich gar nicht anwenden könne, da die Riffbildung hier eine so wesentlich verschiedene sei und nur gewisse äussere Ähnlichkeiten mit den drei Riffformen des Stillen und indischen Ozeans aufweise."

Das ist sehr richtig und ein Moment, welches von den Gegnern der Darwin'schen Erklärungsweise bis jetzt ausser Acht gelassen wurde. Langenbeck geht aber noch weiter dazu über, nachzuweisen, dass die Hypothese von Murray und auch die neuerdings von Guppy aufgestellte nicht im stande sind, den Bau vieler Atolle und Barrièreriffe genügend zu erklären. Guppy's Untersuchungen in den Salomonsinseln[1]) haben der Murray'schen Erklärung eine anscheinend mächtige Stütze verliehen. Er denkt sich die Bildung der von ihm untersuchten Atolle in der Weise, dass auf den ursprünglich ganz unterseeischen vulkanischen Gipfeln Foraminiferenschalen und andere Sedimente sich ablagerten, und dann die Korallenriffe den Bau krönten. „Eine erste Hebung hob das Riff bis zum Meeresspiegel und an einzelnen Stellen erheblich über denselben. Während einer Periode der Ruhe wurden durch seitliches Wachstum der Riffe und Entfernung des toten Materials aus dem Inneren die inneren Lagunen gebildet. Eine zweite Hebung mit wiederum folgender Ruhepause ermöglichte endlich die Bildung der Aussenlagunen."

Er zog aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass den Korallen durch die Wirksamkeit der Wellen eine Grenze ihres Wachstums nach oben gesetzt sei, dass sie aus eigener Kraft nicht im stande seien, in das Gebiet wirksamer Wellenthätigkeit emporzuwachsen, dass daher Atolle nur durch Hebung zustandekommen können. Da nun aber die untergetauchten Riffe der Salomonsinseln keineswegs eine Vertiefung im Inneren, vielmehr in der Mitte gerade die höchsten Erhebungen zeigen, so sah Guppy sich weiterhin zu der Annahme gedrängt, dass die Atolle ihre Gestalt erst erhalten, nachdem die Riffe die Oberfläche des Meeres erreicht haben. Wenn sie bis zu dieser Höhe erhoben worden sind, ist ihr weiteres Wachstum nach oben gehemmt; sie werden sich daher seitlich ausdehnen und unter der Einwirkung der Wellen und Meeresströmungen eine hufeisenförmige Gestalt annehmen, welche ihre konvexe Seite der Richtung der Strömungen entgegenstellt, während durch die lösende Thätigkeit des Meerwassers und die Wegführung des Sediments der innere Raum ausgetieft wird. Eine Bestätigung seiner Theorie glaubt Guppy einmal in dem Umstande, dass Hebungen in dem ganzen Gebiete der Salomonsinseln ausserordentlich zahlreich nachzuweisen sind, besonders aber in dem Baue der beiden gehobenen Atolle Santa Anna und Malaupaina zu finden.

---

[1]) Vergl. hierüber: Jahrbuch der Astronomie und Geophysik p. 161 u. 163.

Digitized by Google

Dem gegenüber macht Langenbeck geltend, dass die Korallen mächtige Riffe nur da bauen können, wo sie üppig gedeihen. „Vereinzelt kommen die Korallen auch da noch vor, wo einzelne oder mehrere dieser Bedingungen fehlen, sowohl in grösseren Tiefen, wo die Temperaturen niedriger, als auch auf Sandboden, wie gerade die Untersuchungen auf der Tizardbank, ebenso wie diejenigen Darwin's an den Riffen von Mauritius zeigen, und in ruhigeren Gewässern. Aber nur da, wo jene drei Bedingungen erfüllt sind, wachsen sie in solchen Mengen, dass sie mächtige Riffe aufzubauen im stande sind. Wo die äusserste Grenze liegt, bis zu welcher vereinzelte Arten und Individuen noch zu leben vermögen, ob bei 60 *m*, wie Darwin und Dana annahmen, oder bei 80 *m*, wie die neueren Untersuchungen zu ergeben scheinen, ist für die Rifftheorien im Grunde gleichgültig. Weit wichtiger ist der von Murray und Buchanan erbrachte Nachweis, dass durch herabsinkende Kalkgehäuse und durch Ansiedelung verschiedener Tiefseetiere unterseeische Berge eine erhebliche absolute, wie relative Erhöhung erhalten können. Es ist in der That nicht unmöglich, ja nicht einmal unwahrscheinlich, dass in einzelnen Fällen auf diesem Wege unterseeische Erhebungen bis in Zonen, in welchen Riffkorallen leben, in die Höhe wachsen und die Grundlage von Atollen bilden können. Santa Anna und Malaupaina sind vielleicht wirklich auf diese Art entstanden. Vereinzelt können sich, wie schon Darwin zugegeben, Atolle überhaupt auf sehr verschiedene Weise bilden, z. B. auf dem Gipfel eines unterseeischen Kraters, wenn sich derselbe gerade in einer solchen Höhe befindet, dass die Riffkorallen sich auf seinem Rande ansiedeln können."

Ausser verschiedenen anderen Umständen, die Langenbeck einzeln behandelt, spricht gegen Guppy vor allem die Thatsache, dass in vielen Gebieten des Stillen wie des Indischen Ozeans nicht eine einzige Koralleninsel über den Meeresspiegel erhoben worden ist, abgesehen natürlich von dem durch die Wellen emporgeworfenen Trümmermateriale. „Es beweist das auf das deutlichste, dass dieselben nicht in einem Hebungsgebiete gebildet worden sind. Wir müssten sonst annehmen, dass entweder die negative Bewegung in allen diesen Gebieten gerade in dem Momente ihren Abschluss gefunden habe, als die Riffe die Oberfläche erreichten, oder dass durch die Erosion beständig alle über die Meeresfläche erhobenen Teile der Riffe vollständig zerstört wären. Die eine dieser Annahmen ist wohl ebenso undenkbar, als die andere."

Sehr gut bemerkt Langenbeck, dass, wer die Murray'sche oder Guppy'sche Theorie als richtig annimmt, darauf verzichtet, die auffallende Übereinstimmung zu erklären, welche besteht zwischen echten Atollen und solchen Barrièreriffen, welche in weitem Kranze felsige Inseln umgeben, wie diejenige

von Raiatea, Bolabola, Hogoleu und Vanikoro. Gerade diese Übereinstimmung und das gleichzeitige Vorkommen beider Riffformen in denselben Archipelen, wie es namentlich in dem Karolinenarchipele und in der östlichen Fidjigruppe auf das schönste hervortritt, bilden eine der wesentlichsten Grundlagen der Darwin'schen Theorie.

Noch auf einen Umstand weist Langenbeck hin, den man meist nicht einmal erwähnt findet: es ist die Frage, warum der Atlantische Ozean im Verhältnisse zu den beiden anderen so arm an Koralleninseln und Riffen ist, dass dieselben dort ausschliesslich auf Westindien und einige Küstentriche Südamerikas beschränkt sind und, abgesehen von den Bermudas und einigen der südlichen Bahamas, echte Atolle dem Atlantischen Ozeane gänzlich fehlen. Dass es an der Ostseite desselben nicht zur Bildung von Korallenriffen gekommen ist, erklärt sich ja allerdings durch die dort herrschenden kalten Strömungen und die starke Anhäufung klastischer Sendimente sehr natürlich, wie ja aus dem gleichen Grunde auch die pacifischen Küsten des tropischen Amerika ohne Riffe sind. Aber dass Korallenriffe auch dem zentralen Teile des äquatorealen Atlantischen Ozeans so vollständig fehlen, ist eine jedenfalls sehr auffallende und bisher durchaus nicht genügend aufgeklärte Thatsache. Die Temperatur des Meeres ist hier überall eine so hohe, wie sie die riffbildenden Korallen zu ihrer Existenz bedürfen. Dass ferner die weite, insellose Flur den in Westindien so reich entwickelten Korallen eine Schranke für ihre Verbreitung nach Osten gesetzt haben sollte, erscheint ebensowenig denkbar, wenn man damit die ausserordentlich grossen Zwischenräume vergleicht, durch welche zum Teile die einzelnen Korallenbildungen des Stillen Ozeans von einander getrennt sind.

Hätten die riffbildenden Korallen innerhalb des äquatorealen Atlantischen Ozeans irgendwo eine geeignete Grundlage für ihre Bauten gefunden, so würden sie sich ohne Zweifel auch dort angesiedelt haben. Es bleibt also zur Erklärung der oben angeführten Thatsache nur die Annahme übrig, dass solche Grundlagen in diesem Gebiete in der That nirgends vorhanden sind. Nun zieht sich aber quer durch den äquatorealen Teil des Atlantischen Ozeans ein breiter unterseeischer Höhenrücken hin, durchaus vergleichbar mit jenen Erhebungen des Stillen Ozeans, auf denen sich die Ketten der Atollinseln aufbauen. Von diesem zentralen Rücken erheben sich ferner einzelne vulkanische Felseninseln, wie St. Paul's Felsen u. a. Es ist daher in hohem Grade unwahrscheinlich, dass nicht neben diesen vereinzelten Vulkaninseln, welche über die Oberfläche des Meeres sich erhoben haben, auch einzelne unterseeische Kuppen derselben Art sich finden sollten. Da nun weiterhin das tierische Leben des Atlantischen Ozeans dem des Stillen in den gleichen Breiten durchaus nicht

Digitized by Google

nachsteht, so müsste, wenn die Murray'sche Theorie richtig wäre, hier ebensogut, wie im Stillen und Indischen Ozeane eine Erhöhung der unterseeischen Kuppen durch Ablagerung von Schalenresten stattfinden und auf diese Weise eine geeignete Grundlage für die Bauten riffbildender Korallen geschaffen werden. Das Fehlen der Atolle im Atlantischen Ozeane bliebe daher nach der Murray'schen Theorie durchaus unerklärt. Anders steht es, wenn wir annehmen, dass nur durch Senkung und positive Bewegung die Bildung von Atollen ermöglicht wird. Dann werden Atolle in allen den ozeanischen Gebieten fehlen, wo solche Bewegungen in neuerer Zeit nicht stattgefunden haben. Dass das für den Atlantischen Ozean zutreffend ist, dafür sprechen in der That gewisse Anzeichen. Grosse vertikale Verschiebungen des festen Felsgerüstes unserer Erde sind stets mit Spaltenbildungen verknüpft, und es treten daher in ihrem Gefolge vulkanische Erscheinungen auf. Nun steht in bezug auf vulkanische Thätigkeit der Atlantische weit hinter dem Stillen und selbst dem Indischen Ozeane zurück, es fehlt ihm nicht nur der Kranz thätiger Vulkane, welcher den Stillen Ozean in seiner ganzen Ausdehnung umgiebt, sondern auch in seinen zentralen Teilen äussert sich die vulkanische Kraft in viel geringerem Masse als dort und ist auf einige wenige Zentren beschränkt. Die Resultate von Rudolph's Untersuchungen über Seebeben und submarine Eruptionen lassen diese Thatsachen auf das unzweideutigste erkennen. Wir dürfen daher wohl annehmen, dass auf dem Boden des Atlantischen Ozeans in der Gegenwart vertikale Verschiebungen nicht annähernd in dem Masse und Umfange stattfinden, wie auf dem des Stillen Ozeans."

Von besonderer Wichtigkeit für eine strenge Prüfung der Darwin'schen Korallenrifftheorie ist die Untersuchung der Riffe früherer geologischer Perioden, und Langenbeck widmet derselben einen besonderen Abschnitt. Aber auch hier zeigt sich alles in guter Übereinstimmung mit den Forderungen der Theorie. „In nahezu allen Formationen, das Karbon und Perm vielleicht allein ausgenommen, finden sich Korallenriffe, deren Mächtigkeit die Tiefe, bis zu welcher riffbildende Korallen leben können, um ein erhebliches übertrifft, deren Bildung daher ohne Senkung oder positive Verschiebung der Niveaulinie nicht wohl erklärt werden kann. Die Mächtigkeit der Riffe erreicht aber wiederholt eine ähnliche Grösse, wie sie Darwin und Dana ihrer Theorie nach für die Mächtigkeiten mancher modernen Riffe anzunehmen genötigt waren. Die mächtigsten Riffe sind die der Triaszeit; sie erreichen in den nördlichen Alpen Mächtigkeiten von 700—900, in den südlichen bis zu 1500 *m*. Ferner haben die devonischen Riffe der Ostalpen Mächtigkeiten von 700 *m*, die gehobenen Korallenriffe von Cuba und Jamaika solche von 350 bis zu 600 *m*; endlich ist das gehobene Weihnachtsatoll nahezu 400 *m* hoch,

Digitized by Google

ganz abgesehen von seinem unter dem Meeresspiegel gelegenen Teile. Die von Darwin und Dana angestellten Berechnungen über die Mächtigkeit einiger Riffe, z. B. des grossen Australriffs, der Riffe der Gambier-, der Fidjiinseln und von Upolu in der Samoagruppe, welche auf der Annahme basiert sind, dass die überseeische Abdachung der von den Riffen umgebenen Festländer und Inseln sich unter dem Meere mit nahezu gleichem Winkel fortsetzen, ergaben aber nirgends eine grössere Mächtigkeit als 700 *m*.

Weiterhin konnte die Thatsache festgestellt werden, dass in Europa dreimal die Entwickelung mächtiger Korallenriffe zeitlich in auffallender Weise mit grossen und weitverbreiteten positiven Bewegungen zusammenfällt, im Devon, in der Trias und im Jura. Der grossen cenomanen Transgression entspricht allerdings eine mächtige Korallenriffentwickelung in Europa nicht. Es müssen in jener Zeit andere Umstände deren Entwickelung gehemmt haben. Wahrscheinlich blieben, wie auch Suess annimmt, trotz der grossen Ausbreitung der Transgression die europäischen Meere der oberen Kreidezeit flach, so dass dadurch der Bau mächtiger Riffe unmöglich wurde. Aus allen diesen Thatsachen ergiebt sich der Schluss, dass die geologischen Verhältnisse keineswegs der Darwin-Dana'schen Methode widersprechen, vielmehr eine sichere Stütze für dieselben sind. Denn wenn sich in fast allen früheren geologischen Epochen Korallenriffe während positiver Bewegungen gebildet haben, so wäre es höchst auffallend, wenn diese Erscheinung in der Gegenwart fehlen sollte."

Weiterhin untersucht Langenbeck die Verbreitung der Korallenriffe in der Gegenwart und die Beweise für positive und negative Bewegungen der Strandlinien. Er kommt zu dem Schlusse, dass die Eigentümlichkeiten im Baue der Atolle und Barrièreriffe den Beweis für sehr weit verbreitete positive Bewegungen innerhalb des Indischen und Stillen Ozeans erbracht haben, im Atlantischen Meere sind solche Bewegungen nur in weit geringerem Umfange nachweisbar. Andererseits sind die in den tropischen und subtropischen Gebieten aller drei Ozeane oft hoch über dem heutigen Meeresspiegeel liegenden Korallenriffe im Lichte Darwin'scher Anschauung die zuverlässigsten Zeugen für vielleicht noch weit allgemeiner verbreitete negative Bewegungen, und es ist geophysikalisch von grösster Wichtigkeit, die wirkliche Natur dieser Bewegungen klarzustellen. Darwin nahm Hebungen und Senkungen der festen Erdrinde an, in neuester Zeit ist man dagegen mehr geneigt, Schwankungen im Stande des Meeresspiegels als Ursache festzuhalten. „Suess nimmt, abgesehen von klimatologischen Veränderungen, die nur für den Wasserstand mehr abgeschlossener Mittelmeere von Bedeutung sind, drei Hauptursachen für die Verschiebungen der Strandlinie an, eine beständig wirkende, eine episodische und eine periodische. Die Sediment-

Digitized by Google

massen, welche durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden, die Ablagerung von Hartteilen der Organismen und die Ausbreitung der Erzeugnisse unterseeischer Vulkanausbrüche erhöhen beständig den Meeresboden und drängen daher die Wassermassen der Ozeane über ihre Grenzen hinaus; sie rufen daher beständig allgemeine eustatische, wenn auch sehr langsam sich vollziehende positive Bewegungen hervor. Einbrüche einzelner Regionen der Ozeane bewirken eine Vertiefung derselben in diesen Gebieten, haben aber zugleich einen allgemeinen Rückzug des Meeres aus seinen bisherigen Grenzen im Gefolge. Es treten so episodisch allgemeine eustatische negative Bewegungen ein, deren Betrag je nach der Grösse des eingebrochenen Gebietes ein sehr verschiedener sein wird, aber unter Umständen eine sehr beträchtliche Grösse erreichen kann. Drittens glaubt Suess, ein wechselndes Anschwellen des Wassers nach dem Äquator und den Polen konstatieren zu können."

Die letztere Hypothese ist die unhaltbarste, indem keinerlei Kräfte nachgewiesen sind, welche ein solches Anschwellen der Wasser gegen den Äquator hin verursachen könnten. Auch Langenbeck will dieselbe nicht zugeben und sagt: „Was Suess bisher an Thatsachen zur Begründung seiner Theorie angeführt hat, ist nach meiner Überzeugung nicht derart, dass daraus eine solche periodische Verschiebung der Wassermassen mit Notwendigkeit gefolgert werden müsste."

Nach seiner Meinung haben sich die Atollgruppen vielmehr auf verschiedenen, im Sinken begriffenen Schollen der Erdrinde aufgebaut. „Das grösste Senkungsgebiet ist das zentralpazifische, mit dem wahrscheinlich auch noch das kleinere im Osten der Fidjiinseln im Zusammenhange steht. Ein zweites Senkungsfeld ist das des Korallenmeeres, ein drittes das des südchinesischen Meeres, ein viertes das des westlichen Indischen Ozeans, ein fünftes das der südlichen Bahamas. Für die Atolle des östlichen Indischen Ozeans und für die Bermudas fehlen die Beweise, dass auch sie auf Senkungsfeldern sich erheben. Aber gerade der geringe Umfang, welchen hier die Gebiete positiver Bewegung einnehmen, spricht doch für die Wahrscheinlicheit einer solchen Annahme. Das positive Gebiet der Bermudas würde dann allerdings mit dem benachbarten des östlichen Nordamerika nicht im Zusammenhange stehen, da für die Küste dieses Kontinents eine wahre Senkung wohl kaum angenommen werden kann."

Die Vulkane scheinen sich mit Vorliebe an den äusseren Bruchlinien von Senkungsfeldern oder an den Grenzen zweier solchen zu bilden. Das Innere der grossen Senkungsfelder ist dagegen überall frei von vulkanischen Erscheinungen.

Was die gehobenen Korallenriffe anbelangt, so kommt Langenbeck zu dem Ergebnisse, dass die gewaltige Höhe, bis

Digitized by Google

zu welcher einzelne dieser Riffe sich jetzt erheben, und die isolierte Lage anderer in Senkungsgebieten es als undenkbar erscheinen lassen, dass die durch sie gekennzeichneten negativen Bewegungen in dem Zurücktreten des Meeres ihre Erklärung finden könnten. „Wir müssen hier vielmehr aktive Hebungen voraussetzen. Es sind vulkanische und geotektonische Kräfte, welche dieselben hervorbrachten. In den meisten Fällen sind wir nun auch so glücklich, den Zusammenhang mit vulkanischen Erscheinungen oder mit Verwerfungen nachweisen zu können. Die Philippinen, Marianen, Sandwichs-, Palau- und Salomonsinseln sind vorwiegend aus vulkanischen Gesteinen aufgebaut, und auf den drei erstgenannten sind gegenwärtig noch Vulkane in Thätigkeit. Auch in dem Tonga- und Herveyarchipel finden wir neben den Koralleninseln vulkanische und in dem ersteren ebenfalls noch thätige Vulkane. Den Kern von Lord Howe's Insel bildet ein vulkanischer Pik; auf der Weihnachtsinsel und in deren nächster Umgebung sind vulkanische Gesteine nachgewiesen; endlich erhebt sich auch aus den Korallenkalken von Mare, der höchsten der Loyaltyinseln, ein vulkanischer Gipfel. Von der Insel Fais ist nur der eine Teil gehoben, dagegen der andere 12—16 *m* unter die Oberfläche des Meeres gesunken, und zwar nach den Berichten der Eingeborenen infolge eines Erdbebens. Auch liegt die Insel genau in der Mitte zwischen den vulkanischen Palauinseln und Marianen, also wahrscheinlich auf einer alten Spalte der Erdrinde. Ebenso liegen Tukopia und Pleasant in der Verlängerung der östlichen Kette der Neu-Hebriden. Die Erhebung der isolierten Korallenfelsen von Yenghen endlich ist nach den Angaben Chambeyron's auf Dislokation der festen Erdrinde zurückzuführen. Die Erhebung derselben kann nicht der allerjüngsten Vergangenheit angehören. Nahe ihrer unteren Grenze finden sich nämlich bei mehreren derselben hohlkehlartige Einschnitte, wie sie von der Brandung häufig an Korallenriffen hervorgebracht werden. Die Korallenfelsen müssen also schon ziemlich lange in nahe derselben Höhe, wie jetzt, gestanden haben und an ihrem unteren Ende der Wirkung der Brandung ausgesetzt gewesen sein, bis die Bildung von Schwemmland an ihrem Fusse oder eine zweite kleinere Hebung sie diesen Wirkungen entzog. Andererseits kann die Hebung auch keiner allzufernen Vorzeit angehören, da die Dislokation auch das lebende Riff erfasst hat, das gegenüber Yenghen vollständig zerstört ist. Vielleicht haben wir es hier mit einer gleichzeitigen horizontalen und vertikalen Verschiebung längs Verwerfungsspalten zu thun und dürfen in den gehobenen Korallenfelsen die Reste des fehlenden Teils des Barrièreriffs erblicken. Wir sehen also, dass eigentlich nur für Metia und Elisabethinsel eine direkte Beziehung zu vulkanischen Erscheinungen oder geotektonischen Veränderungen nicht nachweisbar ist. Wir können daher den Satz

Digitized by Google

aussprechen, dass alle die isolierten gehobenen Koralleninseln und ebenso die zu grossen Höhen erhobenen Riffe diese ihre Erhebung vulkanischen und geotektonischen Kräften verdanken."

Die Alandsinseln schildert Prof. Cohen auf Grund eigener Anschauung[1]). Der ganze Komplex dieser Inseln besteht aus einer grösseren Insel, dem sogenannten festen Aland oder dem Festlande von Aland, einer grossen Anzahl kleinerer Inseln, welche diesem vorgelagert sind, und weiter aus einem unentwirrbaren Labyrinthe kleinster Inselchen und isolierter Klippen und Felsen, in welche die See überall Baien und Buchten hineingewaschen hat, so dass eine Fülle von Vorgebirgen, Spitzen und Landzungen, hoch oder wenig über den Wasserspiegel hinausragend oder unter dem Meere sich versteckend, dadurch erzeugt werden, denen dann wieder andere, kleinere, Blöcken gleichende Klippen anhängen. Die Gesamtzahl aller Inselchen dürfte mehr als 3000 betragen. Davon sind 300 etwas grösser und von diesen ungefähr 80 bewohnt. Der ganze Komplex umfasst 26 Quadratmeilen, wovon das feste Aland fast die Hälfte, nämlich $11^2/_3$ Quadratmeilen, einnimmt. Dieses entspricht also an Grösse etwa der Insel Bornholm, während Rügen um die Hälfte grösser ist. Die Zahl der Bewohner wird gegenwärtig auf 18 500 geschätzt, von denen etwa 12000 auf der grösseren Insel wohnen. Dieselben sind fast ausschliesslich Schweden, namentlich die alt ansässige Bevölkerung, wie sich ja auch in Finnland eine starke schwedische Bevölkerung findet, die dort noch jetzt die herrschende ist. Die Alandsinseln sind nach den obigen Zahlenangaben sehr dünn bevölkert; auf Rügen ist die Dichtigkeit der Bevölkerung viermal so gross.

Das Reisen auf den Alandsinseln ist mit vielen Umständen und Schwierigkeiten verbunden Es sieht zwar von weitem aus, als ob das feste Aland eine kompakte Masse sei, dies ist aber durchaus nicht der Fall; vielmehr ist es ausserordentlich gegliedert und durch tiefe Einbuchten, die sich fast berühren, zerschnitten, so dass das Reisen ohne Benutzung eines Bootes hier sehr zeitraubend sein würde. In der Mitte der Insel sind allerdings teilweise gute Wege vorhanden: eine Hauptstrasse durchschneidet die ganze Insel in der Richtung von Westen nach Osten. Es ist dies die Poststrasse; im Winter geht nämlich die schwedische Post nach Finnland über die Alandsinseln, und zwar zum Teile über Land, zum Teile über Wasser oder Eis In dieser mittleren Gegend der Insel, aber auch nur in dieser, findet der Reisende in den in bestimmter Entfernung von einander an der Poststrasse errichteten „Gastgeverien" Gelegenheit zur Unterkunft und auf einige Tage Verpflegung, wenn auch die Nahrungsmittel sehr einfach sind. Abgesehen von dieser Hauptstrasse und der

[1]) Aus allen Weltteilen 1891. p. 152 ff.

Digitized by Google

Verbindung derselben mit Mariehamn, sind die Wege überall schlecht und „Gastgeverien“ nicht vorhanden.

Obgleich sich die Alandsinseln nirgends zu bedeutender Höhe erheben, so haben sie doch den Charakter einer Gebirgslandschaft, den ein endloses Gewirr kleiner Bergzüge, Klippen und Thäler, sowie die Steilabfälle an den Küsten ihnen aufprägen. Die meisten der Inseln sind bewaldet. Unter den Waldbäumen sind, entsprechend der durchaus nordischen Naturphysiognomie dieser Inseln, Tannen, Fichten und Birken vorherrschend; Eichen, Linden und andere unserer Laubbäume werden nur ganz vereinzelt in geschützter Lage angetroffen. Preissel- und Blaubeeren giebt es in den Wäldern in ungewöhnlicher Menge. Der Waldboden ist mit einem dichten Moosteppiche überzogen, in den Thälern zeigt sich ziemlich üppiger Graswuchs. An Getreidearten werden Roggen, Hafer und Gerste angebaut. Weizen scheint hier nicht mehr zu gedeihen, wie auch Obstbäume gar nicht mehr oder doch äusserst selten vorkommen. Die Bevölkerung nährt sich von Fischerei, Robbenschlag, dem Fange von Vögeln, von Ackerbau und Viehzucht.

Die geologischen Verhältnisse dieser Inseln sind sehr einfach. „Der Hauptmasse nach bestehen dieselben aus Granit, der in drei Hauptvarietäten auftritt, welche als Alandsporphyr, Alandsgranit, Alandsrapakiwi bezeichnet werden, und alle drei eine rote Färbung haben. Nur im Osten findet sich altes, archäisches Gebirge, Gneis, Hornblende und Schiefer. Jedoch handelt es sich hier nur um verschiedene Ausbildungsformen desselben Gesteins, da eine sogenannte Verwerfung vorhanden ist, indem ein Teil des Grundgebirges stehen geblieben ist, während der andere sich gesenkt hat. In dem Teile des Gebirges, welcher sich gesenkt hat, sind die Gesteine in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit erhalten geblieben, während sie in dem stehengebliebenen Teile unter dem Einflusse der Atmosphärilien verändert worden sind. — In der ganzen norddeutschen Tiefebene finden sich ausserordentlich viele erratische Gesteine, welche mit den Gesteinen der Alandsinseln oder benachbarter Gebirge vollkommen identisch sind. Alle diese Gesteine zeigen eine ausserordentlich charakteristische Ausbildung, wie sie an anderen skandinavischen Felsarten bisher nicht beobachtet worden ist. Besonders gilt dies von dem bei den Findlingen Norddeutschlands in grosser Menge vorkommenden Rapakiwi (Granit mit vielen Feldspatkrystallen), der sich ausser auf Aland nur noch in Finnland in der Gegend von Wiborg, sonst aber nirgends mehr in Skandinavien findet.

Die Schlangeninsel im Schwarzen Meere gehört zu den am seltensten von wissenschaftlichen Reisenden betretenen Eilanden. Sie ist neuerdings von L. von Kalbermatten (im Juli 1890) untersucht worden[1]. „Unter 45° 16′ 7″ nördl. Br. und

[1] Deutsche Rundschau für Geographie 1891. **13.** p 562 ff.

30° 14′ 23″ östl. L. v. Gr. gelegen, ist sie 24 Seemeilen nordöstlich von der Sulinamündung entfernt, von Gestalt fast quadratisch, hat eine Länge von 600 *m* und etwa 4 *km* im Umfange. Im Durchschnitte erhebt sie sich 40 *m* hoch über den Meeresspiegel. Ihre gegenwärtige Bedeutung beruht auf dem Leuchtturme, den sie trägt, und der den Schiffen den Weg zur Sulinamündung weisen soll.

Da sie ausser dem Leuchtturme kein Gebäude und ausser der geringen Mannschaft in demselben keine Bewohner aufweist, das gewöhnlich stark bewegte Meer überdies die Fahrt zur Insel gewöhnlich sehr erschwert, oft ganz unmöglich macht, wird sie nur selten besucht.

Mit einem kleinen Dampfer der Europäischen Donaukommission fuhr v. Kalbermatten von Sulina aus zur Insel, deren zerklüftetes, felsiges Gestade drei Landungsplätze bietet: einen an der Westseite, wo die Tiefe 1.2 *m*, einen zweiten an der Ostseite, wo die Tiefe 0.6 *m* und einen dritten an der Südseite, wo die Tiefe 0.9 *m* beträgt. Die grösste Tiefe im Umkreise der Insel von 90 *m* misst 1.5 *m*. Zerstreut um die Insel ragen Felszacken und Blöcke aus dem Meere, durch welche man beim Landen vorsichtig hindurchmanöverieren muss. Der Meeresgrund ist mit Muscheln besetzt. Das Gestein, welches die Insel bildet, ist Kalk von rostroter Farbe, hier und da grau mit einzelnen schwachen Quarzadern; ausserdem finden sich etwas Hornstein und einige Quarzgeschiebe von grauer Farbe.

Der Pflanzenwuchs ist einzig durch hohe Gräser vertreten, welche den grössten Teil der Insel bedecken; es ist kein Baum und kein Strauch zu sehen. Als Vertreter der höheren Tierwelt giebt es nur Möven und Schlangen. Im Osten und Nordosten entdeckte der Besucher Brutplätze der Silbermöve (Larus argentatus) und konstatierte, dass nur diese eine Gattung Möven auf der Schlangeninsel vorkommt. Bei den Brutplätzen der Möven hielt sich eine kolossale Menge Schlangen auf, denen auch die Insel ihren heutigen Namen verdankt. Sie gehören der Gattung Tesselatus an, sind von glänzend schwarzer Farbe und haben eine Länge von 90 bis 125 *cm*. Da der russische Expeditionsführer Demidoff mitteilt, er habe diese Gattung Schlangen an der Küste des Meeres fischfangend beobachtet, hat v. Kalbermatten die Sache genauer untersucht. Er umschiffte die ganze Insel in einem Kahne, sah aber — und es war dies in den Mittagsstunden, die Zeit, wo die Schlangen am meisten zu jagen pflegen — keine einzige Schlange am Strande oder gar im Wasser. Er glaubt daher nicht, dass diese Schlangengattung ins Wasser gehe und dort Fische fange, wohl aber, dass sie, zwischen Felsenklüften lebend, die Eier der Möven austrinkt und allenfalls auch auf deren Junge Jagd macht. Diese Ansicht findet auch in der Thatsache ihre Begründung, dass ausser bei den Brutplätzen der

Digitized by Google

Möven und in einer alten verfallenen Zisterne in der Nähe — worin allerdings Tausende von Schlangen sich bewegten — auf der ganzen Insel keine Schlangen zu sehen waren.

An der westlichen Seite der Insel bis gegen deren Mitte und dann an der nordöstlichen Ausbuchtung derselben sieht man zahlreiche, hintereinander laufende Mauerreste, wohl von einstigen Befestigungswerken herstammend; heute aber bilden sie zum grossen Teile nur mehr Schutthaufen. Irgendwelche antike Funde sind da nicht zu machen; was da war, wurde von den Rumänen eingesammelt und ins Museum nach Bukarest geschafft. Es war Freiherrn v. Kalbermatten auch trotz genauer Nachforschung nicht möglich, einen Anhaltspunkt zu gewinnen, wo der Achillestempel gestanden haben sollte. Von den zwei vorhandenen Zisternen befindet sich eine am nördlichen Ende, die andere in der Mitte der Insel in der Nähe des Leuchtturmes. Dieser, auf dem höchsten Punkte des wellenförmig aufsteigenden Inselberges erbaut, liegt 63 *m* über dem Meeresspiegel und ist 23 *m* hoch. An die Südseite des Turmes angebaut ist das Haus für die Bedienungs- und Bewachungsmannschaft von fünf Türken, die in Diensten der Donaukommission stehen, und das Lokal des rumänischen Militärpostens in der Stärke von drei Mann.

Die Kermadec-Inseln, welche 500 Seemeilen östlich vom Nordkap Neu-Seelands liegen, sind sämtlich (4 an der Zahl) vulkanischen Ursprungs[1]). Die ganze Gruppe liegt in der nordöstlichen Verlängerung der Axe der vulkanischen Zone der Plenty-Bucht, welche weiterhin in derselben Richtung auf die Tonga- und Samoa-Gruppe stösst, woselbst noch zuweilen vulkanische Ausbrüche stattfinden. Erderschütterungen und Erdbeben treten zuweilen auf: im Jahre 1881 war ein ziemlich starkes Erdbeben, und in den Jahren 1870 bis 1872 erhob sich in der Denham-Bucht eine kleine Insel, welche den daselbst ankernden Schiffen Schutz gewährte, aber im Jahre 1877 wieder verschwand.

Die beiden mittleren Inseln wurden im Jahre 1788 von dem Lieutenant Watts mit dem britischen Schiffe „Penrhyn" entdeckt, und im Jahre 1793 entdeckte der französische Admiral D'Entrecasteaux erst die südliche Insel, welche er L'Esperance benannte. Von dieser Insel aus steuerte er nördlich und passierte zwei Inseln, welche bereits auf der an Bord befindlichen briti-Karte mit Curtis- und Macauley-Insel angegeben waren. Die nördliche Insel der Gruppe wurde am nächsten Tage entdeckt und nach dem Offizier, welcher sie zuerst gesehen hatte, Raoul-Insel benannt. Es ist die grösste und bedeutendste Insel der Gruppe und liegt in 29° 15′ südl. Br. und 177° 55′ westl. L.

Die ganze Gruppe wurde nach einem an Bord des zweiten französischen Schiffes „L'Esperance" befindlichen Offiziere Ker-

[1]) Ann. d. Hydrogr. etc. 1890. p. 261.

Digitized by Google

madec-Gruppe benannt. Nachdem die Insel Raoul umsteuert war, wurde, ohne zu landen, die Reise fortgesetzt. Erst im Jahre 1854 wurde diese Insel von dem Kommandanten des britischen Schiffes „Herald“, Kapt. Denham, vermessen.

Die Gruppe besteht aus den Inseln Raoul oder Sunday, Macaulay und Curtis und der L'Esperance-Klippe. Die letztere, auch Brind oder French Rock benannte Klippe, hat eine Höhe von 78 *m*; dieselbe ist ganz kahl und sehr steil abfallend. Sie bildet eine gute Landmarke für Havre Rock.

Die Curtis-Inseln[1]) sind zwei felsige Inseln, welche durch einen ca. 1/2 Seemeile breiten Kanal von einander getrennt sind. Die geringste Wassertiefe in diesem Kanale beträgt 27.5 *m*.

Die grössere oder östliche dieser Inseln hat ca. 1/2 Seemeile im Durchmesser und steigt in senkrechten Abhängen aus dem Wasser. Der auf derselben befindliche Krater ist an der NW-Seite, woselbst sich eine kleine Einbuchtung befindet. Von dem Krater fliesst ein Strom heissen Wassers in diese Bucht, und an mehreren Stellen der steilen Abhänge steigt heisser Dampf auf.

Die Macauley-Insel ist die zweitgrösste der Gruppe, sie hat ca. 1 Seemeile im Durchmesser und eine Höhe von 245 *m*. Auf derselben befindet sich ein ausgebrannter Krater. Im allgemeinen hat diese Insel ein freundliches Aussehen; der Boden besteht grösstenteils aus feinem dunklen vulkanischen Lehme, auf dem ein feines Gras wächst, wodurch die geschützten Plätze wie gepflegter Rasen aussehen. Die Grasflächen sind von einer grossen Zahl wilder Ziegen belebt.

Die Insel ist von 188 *m* hohen Abhängen umgeben, welche an der Nordseite auf erkalteten Lavaströmen zu ersteigen sind. Eine Landung ist an der Ostseite in einer kleinen sandigen Bucht ausführbar; man hat daselbst Schutz durch die kleine Hazard-Insel.

Der Macdonald-Rock[2]) liegt ca. 1.8 bis 2.4 *m* unter der Meeresfläche, 2.9 Seemeilen N.1/4 W von dem Gipfel der Macauley-Insel entfernt. Ungefähr 2 Kabellängen westlich dieser Klippe sind 27.4 *m* Wasser.

Raoul- oder Sunday-Insel. Auf dieser Insel ist kein Hafen, aber man findet gute Ankerplätze mit gut haltbarem sandigen Grunde an vielen Stellen an allen Seiten der Insel, je nach der Richtung des Windes. Bei starken östlichen Winden ist der beste Ankerplatz dicht in Lee der Insel Meyer, woselbst ruhiges Wasser ist, während in der Denham-Bucht die See mit hoher Dünung einsetzt. Bei der Nordspitze am Strande in der Denham-Bucht ist ein Landungsplatz, während in der Boot-Cove sich kein Strand befindet, und wegen der vielen

[1]) Ann. d. Hydr. etc 1875. p. 222 und 1882. p. 623.
[2]) „Nachr. f. Seef.“ 1888. Nr. 1513.

Digitized by Google

Steine ein Landen sehr schwierig ist. Der beste Landungsort ist bei Fishing Rock, ca. ½ Seemeile W von der Spitze Raynor. Die Insel ist von einem sehr fruchtbaren, feinen dunklen Lehme überzogen, und es befinden sich viele Bohutokawa-Bäume daselbst, von jedem Alter und jeder Grösse. Der höchste, 525 *m* hohe Berg liegt in der Nähe des Ostendes der Insel. Die vorher erwähnte Niederlassung, Bell's Homestead, liegt an der Nordseite der Insel; zu derselben gehört eine grosse Herde Merinoschafe; Ziegen sind auf der ganzen Insel zerstreut.

Im Jahre 1887 wurden viele Arten Früchte und Gemüse angebaut, z. B. Bananen, Taro, Kumara, Orangen, Apfelsinen, Zitronen, Pumpelmus, Limonen, Flaschenbaumfrüchte, Äpfel, Melonen, Pomeranzen, Granatäpfel, Yams, Guajavas, Kürbisse, Weintrauben, Birnen, Pfirsiche, Wallnüsse, Ananas, Mango, Erdbeeren, Tongabohnen, Zuckerrohr, Erbsen, Schoten und Mais, ausserdem gewöhnliches Gemüse in grosser Auswahl und Menge.

Sehr grosse Fische, einschliesslich des Königsfisches, von ausgezeichnetem Geschmacke werden bei dieser Insel überall gefangen.

Ein kleiner Dampfer fährt alle Jahre einmal zwischen Auckland und Raoul, und Walfischfänger kommen zuweilen nach Proviant nach der Insel Raoul.

Die Herald-Inseln bilden eine Gruppe von acht kleinen Inseln und Klippen und liegen ca. 2 Seemeilen NO von der Insel Raoul entfernt. Dieselben sind alle kahl und die Brutplätze von vielen Seevögeln. Die Insel Meyer von 148 *m* Höhe ist die grösste dieser Inseln, dicht mit Buschwerk bedeckt und hat ca. 30 Acker zu bebauendes Land; letzteres besteht aus verwitterten Pflanzen und Guano. An der Westseite dieser Insel befindet sich ein kleiner Bootshafen[1]).

8. Das Meer.

Die Bedeutung der Meeresbuchten in geophysikalischer Beziehung ist von Feldmarschall-Lieutenant A. Neuber entwickelt worden[2]). Die Buchtung ist die erste auffallende Schwächung, der erste merkbare Verlust, welchen das Land durch das Meer erleidet. Er geht aus der ununterbrochenen Aktion der Meereswellen auf das Land hervor, mag diese als gewöhnliche Brandung oder als regelmässige Gezeitenströmung oder als ausserordentlicher riesenhafter Andrang von Sturmfluten sich geltend machen. Dabei trotzen die widerstandsfähigeren Gesteinsmassen länger, während die schwächeren, dem Angriffe früher weichend, nach und nach zerfallen, oft sogar so langsam, dass dies den Zeitgenossen kaum oder gar nicht sichtbar wird. Die härteren Uferteile bleiben als

[1]) Ann. der Hydrographie 1890. p. 261.
[2]) Umlaufs Rundschau für Geographie und Statistik 1891. Heft 5 u. 6.

Vorsprünge stehen, während zwischen ihnen nach dem Meere immer weiter sich öffnende und immer tiefer ins Land dringende Buchten entstehen. Je weiter aber die Buchten, desto schmäler werden die dazwischen liegenden Landvorsprünge, bis auch diese der Zerstörung erliegen, und aus zwei, drei etc. benachbarten Buchten eine um so viel grösser wird, und die Zahl der Landvorsprünge sich demgemäss vermindert. Dieser Zerstörungsprozess geht in dieser Weise unaufhaltsam fort, und das durch ihn an irgend einer anderen Stelle neu entstehende Land sieht seinerzeit einer ähnlichen Umwandlung entgegen.

Für ein genaues, wissenschaftliches Studium der Meeresbuchten bezeichnet Verf. folgende leitenden Gesichtspunkte:

1. Feststellung der verschiedenen Typen, unter welche alle Buchten ihrer Gestalt nach zu verteilen sind. Den Typus bedingt ein Hauptmerkmal, das entschieden vorwalten muss und selbst durch häufige Störungen nicht verwischt oder unkenntlich gemacht werden kann.

2. Einige dieser Störungen sind Übergangsstadien zwischen den verschiedenen Typen, die ebenfalls leicht zu erfassen sind, so dass manchmal an einer und derselben Bucht Übergänge zu mehreren Typen nachgewiesen werden können. Diese Übergangsstadien sind zwar im allgemeinen nicht festzustellen, wohl aber lässt sich aus der Erkenntnis derselben an einer grösseren Zahl von Buchten der Erfahrungssatz ableiten, ob und welchen Typen bei diesen Übergängen die bedeutendste Rolle zufällt, und welche derselben gewöhnlich zusammen vorzukommen pflegen.

3. Das Gebiet der Buchten muss erforscht und genau umschrieben werden, da nicht selten der gegenwärtige, d. h. der noch jetzt vom Meerwasser erfüllte Teil desselben, nur geringfügig ist gegenüber demjenigen, den sie vor der Verlandung hatten, mag diese durch dort mündende fliessende Gewässer oder durch örtliche Meeresströmungen bewirkt worden sein. Bei dieser Bestimmung ist aber nicht bloss die binnenseitige Grenze festzustellen, sondern auch auf die Landspitzen Bedacht zu nehmen, welche die Öffnung der Bucht bilden. In dieser Beziehung fehlt es noch ganz und gar an den nötigen Anhaltspunkten. Man spricht zwar von Buchten, aber giebt sich selten, wenn überhaupt, Rechenschaft darüber, an welchem Punkte des Meeresufers eine Bucht beginnt, und wo sie endet. Und doch hat sie nur als ein bestimmtes geographisches Individuum, d. h. als eine sicher und fest begrenzte Örtlichkeit Anspruch auf eine gewisse Selbstständigkeit. Diese Grenzen sind nur in seltenen Fällen zweifelhaft, weil sie in der Regel von der Natur durch bestimmte, auffallende Formen ausgeprägt sind. Keiner der innerhalb dieser Grenze fallenden Bestandteile, welche den wissenschaftlichen Begriff der Bucht konstituieren, darf fehlen, da sonst nur wertloses Stückwerk vorhanden wäre.

Digitized by Google

4. Ist der Bereich der Bucht auf diese Weise umschrieben, so sind die Bodenformen desselben zu untersuchen, wobei eine besondere Rücksicht auf jene Bodenzustände zu nehmen ist, die wir schon als Abschürfung, Lockerung, Gliederung und Trennung bezeichnet haben. Die beiden letzten Zustände werden sich in den meisten, wenigstens den grösseren Buchten durch Zweige offenbaren, welche aus der Bucht oft in bedeutender Länge ins Innere des Landes dringen und nicht selten verlandet sind. An diesen Zweigen wird sich oft sehr schwer angeben lassen, wo die Bucht aufhört, und das eigentliche Flussthal beginnt. Die Bucht geht in der Regel ganz unmerklich in das Flussthal über, so dass die Annahme nahe liegt, dass dieses gleichzeitig mit jener gebrochen worden ist. In dieser Annahme wird man bestärkt, weil man, wie dies nicht selten vorkommt, auf solche Buchtzweige stösst, welche von keinem Gewässer durchflossen werden, obgleich sie sich als bedeutende Einsenkungen in grosser Länge ins Binnenland erstrecken. Von besonderer Wichtigkeit sind diesbezüglich die Furchen, welche zwei Buchten miteinander verbinden, und dabei ist von grossem Werte, wie tief sie in den Boden gegraben, und wie hoch die darin vorkommenden Sättel sind.

5. Die Gliederungen, welche die Buchten bewirken, sind verschiedenartig, daher ist notwendig, den Einfluss festzustellen, welchen die Bucht diesbezüglich äussert. Diesem Einflusse nach wären die Buchten besonders zu benennen, wobei nicht zu übersehen ist, dass oft eine weitgeöffnete, wenn auch flache Bucht die Gestalt einer Landmasse viel mehr beeinflusst, als dies ihre Nebenbuchten thun, wenn diese auch viel tiefer binnenwärts dringen, als die Hauptbucht selbst. Überhaupt gliedern die meisten Buchten mehr oder weniger nur den Saum der trockenen Landmassen, üben daher keinen oder einen nur sehr geringen Einfluss auf die Gestalt derselben."

Die Meergrundproben, welche auf der Forschungsreise der „Gazelle" gesammelt worden, sind von C. W. v. Gümbel auf ihre mineralogisch-geologische Beschaffenheit untersucht worden[1]). Proben aus dem Atlantischen Ozeane enthielten (aus Tiefen von 5103 *m*) Beimengung von Fettkügelchen, auch Glaukonitkörnchen fanden sich vor, die Gümbel bestimmt für recente Bildungen der heutigen Tiefsee hält. Der Glaukonit füllt Gehäuse von Foraminiferen oder kleinen recenten Gastropoden aus. Der rote Tiefseeschlamm, der sich in den Proben ebenfalls vorfand, wird als dem Meere von Flüssen zugeführte und erst in weiter Entfernung vom Festlande zur Sedimentation gelangte Bildung erklärt. In Grundproben aus dem Gebiete der australischen Inseln konnte fast überall die Gegenwart vulkanischen

[1]) Forschungsreise der „Gazelle". II. T., Physik und Chemie 1—48.

Digitized by Google

Materials festgestellt werden. In manchen Proben wurde Mangan nachgewiesen, kleine Manganknollen (aus 5084 *m* Tiefe in 25° 50′ südl Br. und 161° 42.1′ west. L. stammend) sind jedenfalls rein anorganischen Ursprungs und stimmen mit dem Herlobolid der Gallmeyerexpedition überein. Die Schlammproben erwiesen sich in der Nähe des Festlandes als schiefergrauer Tiefseeschlamm, der nach dem Ozeane zu in den roten übergeht; seine Hauptbestandteile sind Thonsubstanz und Quarzstaub. Diese kalkfreien Schlamme sind durch Übergänge mit dem Globigerinenschlamme in dem Diatomeen- und Radiolarienschlamme verbunden. Den Kokkolithen des Globigerinenschlammes schreibt Gümbel anorganischen Ursprung zu. Er weist ausserdem darauf hin, dass die Ablagerungen in der Nähe der Küsten nach Struktur und Zusammensetzung sehr mit den ältesten paläolithischen Komplexen übereinstimmen, und schliesst daraus, dass in jener früheren Erdperiode grosse ozeanische Tiefseegebiete, wie wir dieselben heute antreffen, nicht wohl vorhanden gewesen sein können.

Angeschwemmte Bimssteine an den nordeuropäischen Küsten. Von den nordfriesischen Inseln bis nach Nowaja Semlja und Spitzbergen hinauf, werden vom Meere gelegentlich Bimssteinstücke ausgeworfen, und ebenso findet man solche an verschiedenen Orten hoch über dem jetzigen Meeresspiegel. Die Frage nach der Herkunft dieser Schwemmprodukte ist dahin beantwortet worden, dass man sie aus Island durch den Golfstrom herabgekommen glaubt. Eine grosse Anzahl von Proben solcher Bimssteinstücke, die Helge Bäckström untersuchte[1]), zeigten sich in mineralogischer und chemischer Hinsicht so verschieden, dass derselbe nicht an ein einziges Ursprungsgebiet derselben denken kann. Er unterscheidet vier verschiedene Typen, nämlich: 1. Gehlenitspinellschlacke, die sich an den Nordseeküsten von England und Holland an bis nach Norwegen und stets nur im Bereiche der heutigen Flutmarke des Meeres findet. Sie gehört offenbar der jüngsten Zeit an, und die mikroskopische Untersuchung ergab, dass sie eine Hochofenschlacke ist, ähnlich der Schlacke von Clarence bei Middlesborough in England, dem grössten Hochofenbezirke der Welt. Dort werden seit 50 Jahren die gleichen Erze verhüttet, und manche Hütte schüttet ihre Schlacken ins Meer. Die bimssteinartigen, grobblasigen. welche nicht untersinken, werden von der Strömung erfasst, welche bei den Färö eintreibend in Bogen an den Gestaden der Nordsee hinläuft und die Schlacken bald hier, bald da an den Strand wirft. 2. Heller liparitischer Bimsstein, feinblasig, hellgrau, findet sich häufig an den Küsten der Lofoten und ist auf Grund mikroskopischer und chemischer Untersuchung mit den natronreichen Liparitbimssteinen Islands zu identifizieren. 3. Saure, glasige Andesitbimssteine kommen haupt-

[1]) K. Svensk, Vet..ak. Handl. **16.** II. p. 1—13.

sächlich an der Küste des Eismeeres vor in zwei Varietäten, einer schwarzen mit kleinen Einsprenglingen von Feldspat, Feldspatmikrolithen und Pyroxen in einem schwach gräulich braunen Glase und einer glasreichen, braunen und dunkelbraunen Varietät. Sie finden sich in Finkona 50′, in Vadsö 30′ über dem Meere, auf Spitzbergen im Meeresspiegel. Sie können gemäss ihrer Verbreitung durch die grosse nordatlantische Strömung von Jan Mayen, Island, den Azoren, Capverden, selbst den Antillen hergeführt worden sein, allein nur von den Azoren sind ähnliche Bimssteinfindlinge bekannt, doch sind dieselben nicht mit jenen identisch, so dass wenigstens die Möglichkeit bleibt, ihre Abstammung auf das Andesitvulkangebiet der Kordilleren zurückzuführen, von wo sie durch die Behringsstrasse ihren Weg ins Nordpolarbecken gefunden hätten. 4. Basischen Olivin führenden Augitandesitbimsstein, in der Tempelbai auf Spitzbergen und bei Asvär, Nordland in Norwegen gefunden, grobblasig, auch wahrscheinlich von den Azoren stammend, wenn nicht amerikanischer Herkunft und durch die Behringsstrasse heraufgeschwemmt. Diese drei letztgenannten Varietäten sind offenbar älter als die Gehlenitspinellschlacke, und ihr Vorkommen in höheren Lagen beweist, dass der Meeresspiegel damals an jenen Orten relativ zur Küste dort einen anderen Stand hatte.

Die nordatlantischen Sargasso-Seen. O. Krümmel hat eine zeitgemässe Darstellung unserer Kenntnisse derselben auf Grund eingehender Quellenstudien gegeben[1]). Die Alten haben das Sargassomeer nicht gekannt, erst Kolumbus ist der Entdecker desselben gelegentlich seiner ersten Fahrt 1492; er erwähnt das „Kraut“ bei der Ausreise zuerst in 28° nördl. Br. und etwa 33° westl. L.; auch hat er zuerst den Mythus der Ortsbeständigkeit einer grossen Fukusbank aufgebracht. Populär wurde das Sargassomeer erst durch Humboldt's Schilderungen, der auch noch glaubte, dass die Hauptanhäufung der Tangwiesen im wesentlichen an demselben Punkte geblieben sei. Rennel und Maury schrieben der atlantischen Strömung einen grossen Einfluss auf die Lage der „Sargassowiesen“ zu. O. Kuntze hat zuerst gegen die Humboldt'sche Ansicht einer konstanten Lage der Fukusbank protestiert. Nach Haltermann stammt das Sargassum vorzugsweise von den Bahamabänken, wo es von Stürmen losgerissen wird, von einer gleichmässigen Bedeckung des Meeres kann keine Rede sein, vielmehr treibt das Kraut immer in langen, mehr oder weniger von einander entfernten Streifen. Die Plankton-Expedition (im Sommer 1889) hatte im ganzen 14 volle Reisetage hindurch Sargassum beim Schiffe. Krümmel hat auf Grund der Auszüge aus den Schiffsjournalen, welche die deutsche Seewarte für den Raum je eines Zehngradfeldes veröffentlichte, und

[1]) Petermann's Mitteilungen 1891. p. 129 u. ff

Digitized by Google

gestützt auf andere Angaben, die Sargassofrequenz für die einzelnen Fünfgradfelder des hier in betracht kommenden Teils des Atlantischen Ozeans berechnet und daraufhin eine Karte des Sargassogebiets entworfen, auch die Verteilung der Frequenz auf die Jahreszeiten untersucht. Hiernach giebt es in Wirklichkeit ein Gebiet im nordatlantischen Ozeane, welches sich zu allen Jahreszeiten durch reichliches Vorkommen von treibendem Tange auszeichnet, und es ist als ziemlich sicher anzunehmen, dass dieses Kraut stetig vom Floridastrome aus ergänzt wird. Die Linie von 10 und mehr Prozenten Sargassofrequenz auf 100 Reisen umschliesst ein nahezu elliptisches Gebiet zwischen 40 und 75° westl. L. und 20 und 35° nördl. Br. von etwa $4^1/_2$ Millionen Quadratkilometern Fläche. Diese schlägt Krümmel vor, fortan als Sargassosee in die Karten aufzunehmen. Fragt man nun, warum nur im Nordatlantic und nicht auch in den anderen Ozeanen eine Sargassosee gefunden wird, so bemerkt Krümmel, dass ein Blick auf die Karte der Meeresströmungen diese Frage befriedigend beantworte. „Nirgendwo sonst bewegt sich ein starker und schneller Strom, durch die Konfiguration des Festlandes gezwungen, durch so zerstreute und durch Riffreichtum dem Wuchse der Fukaceen günstige Inselschwärme, wie in Westindien der Kariben-, bezw. Antillenstrom und seine Fortsetzung als Floridastrom. Wo die Inseln gegeben sind, wie im südpazifischen Ozeane, fehlt es an Kraft des Stromes, der sie schnell dem Stillengebiete der Rossbreiten zuführt, um sie dort anzuhäufen. Trotzdem die Ostküste Brasiliens reich an Sargasso ist, findet sich keine Spur eines südatlantischen Analogons der Sargassosee; die Küste ist so gut wie ungegliedert, die Inselschwärme fehlen. Treibende Tange, und zwar von der riesigsten Art (Macrocystis pyriferae), giebt es bekanntlich im Bereiche der südhemisphärischen Westwinddriften, insbesondere im Kap Horn-Strom. Aber es ist bekannt, dass sich diese Knäuel des „Binnentanges“ nirgends zu solchen Feldern oder Flächen zusammenscharen, wie im nordatlantischen Ozeane die westindischen „Beerentange“ in der Sargassosee.“

Die Veränderungen der Marsch zwischen Elb- und Eidermündung in geschichtlicher Zeit werden gewöhnlich dahin zusammengefasst, dass daselbst erhebliche Strecken Land der See zum Opfer gefallen sind. Die wirklichen Thatsachen sind nunmehr von Dr. R. Hansen festgestellt worden [1]), und sie lauten dahin, dass dort der Landgewinn bedeutend grösser gewesen ist als der Verlust. „Der Geschiebesand, welcher den mittleren Teil der cimbrischen Halbinsel weithin bedeckt, bildet in Dithmarschen drei Halbinseln (Kudensee bei Windbergen, Meldorf, Heide-Weddingstedt; der letzteren südlich vorliegend die Insel Hemmingstadt, die sich um eine steile unterirdische Kreidekuppe

1) Petermann's Mitteilungen 1891. p. 105 ff

gebildet hat. Die im Süden bis zu 46 *m* aufsteigenden Dünenmassen tragen den an vielen Orten wiederkehrenden Namen Kleve (engl. cliff, lat. clivus). Vorgelagert sind diesem Gestrande schmale, vom Meere auf Moorboden abgelagerte Sanddünen, die meistens nur wenige Meter über Null ansteigen; sie ziehen sich mit Unterbrechungen vom Süden bis in das nördliche Dithmarschen hin. Bis an den Geestrand dehnte sich einmal die Nordsee aus, und das jetzige Marschland war ein von Wattströmen und von Elb- und Eiderarmen durchschnittenes Wattenland, das nur zur Zeit der Ebbe wasserfreie Stellen enthielt. Verschiedene alte Eiderarme sind noch nachweisbar, einer durchbrach bei Stelle die Dünenreihe, zog sich an der Westseite des Geestrandes entlang und dann westlich zwischen den jetzigen Ortschaften Ketelsbüttel und Wöhrden durch, ein zweiter ging zwischen Wittenwurth und Stelle, ein dritter bei Rehm durch die Sanddünen. Von Süden her durchschnitten Elbarme die Watten und vereinigten sich mit der Miele.

Die ältesten Ansiedelungen lagen auf dem hohen Geestrande und auf den gegen die Fluten einigermassen Schutz bietenden Dünenreihen. Der Name Westdorf deutet vielleicht noch darauf hin, dass es einmal die westlichste Ansiedelung der Gegend war.

Auf den flachen Wattensanden bildeten sich nun zur Flutzeit, wenn das Flusswasser zurückgehalten wurde, tote Punkte in der Strömung, die Sinkstoffe erhöhten den Boden, es blieben auch bei niedriger Flut noch kleine Inseln, die sich nach und nach mit einer Grasnarbe bedeckten. Diese Inseln bildeten den Ausgangspunkt zur Gewinnung der jetzigen Marschen. Von der Geest aus begann man, die üppigen Grasflächen zu begrasen; zur Sicherheit des Viehes gegen hohe Fluten wurden erhöhte Stellen, sogenannte Wurthen, aufgetragen, diese nach und nach noch weiter erhöht und zu dauernder menschlicher Ansiedelung geeignet; später wurde das umliegende Gelände durch kleine Deiche gegen die gewöhnlichen Fluten gesichert und dann wohl gleich als Ackerland benutzt; die verschiedenen Wurtheninseln wurden durch weitere Deiche miteinander verbunden und schliesslich durch einen grösseren Seedeich gemeinsam geschützt. Mit dem Hinterlande, der hohen Geest, hielt man die Verbindung durch aufgeschüttete Wege, „Schüttungswege," aufrecht, die zugleich als Schutzdeiche bei Überschwemmung benachbarter Gebiete dienten. Die Vereinigung der Wurtheninseln und die Durchdämmung der tieferen Wattströme und Flussarme bewirkten die allmähliche Zuschlickung des zwischen Inseln und Festland gelegenen niedrigen Landes, dessen Besiedelung also später erfolgte als die der Wurtheninseln. Für die ältesten Ansiedelungen sind im allgemeinen die grösseren Wurthen zu halten, auf denen nicht bloss ein einzelner Hof, sondern eine geschlossene Dorfschaft liegt."

Die Deiche sind im Laufe der letzten drei Jahrhunderte bedeutend verstärkt worden; während früher fast bei jeder Sturm-

flut Deichbrüche vorkamen, ist seit 1825 kein Seedeich zerstört worden.

Tiefseemessungen im Stillen Ozeane hat die „Egeria“ [1]) auch 1889 zwischen Australien, Neuseeland, den Samoa- und Fidji-Inseln ausgeführt [2]), um über einige vermutete Riffe Aufklärung zu verschaffen, doch wurde keines derselben gefunden. In derselben Gegend, zum Teile auch in der Korallensee, hat das britische Schiff „Dart“ ebenfalls Lotungen vorgenommen. Folgendes sind die grössten gefundenen Tiefen (über 5000 *m*):

5120 *m*	in	33°	44′	südl. Br.	und	156°	1′	östl. L. G.
5655	„	„	17	57	„	„	172	42	„
8284	„	„	17	4	„	„	172	14	„
6057	„	„	5	21	„	„	171	38	„
5669	„	„	5	58	„	„	171	24	„
5406	„	„	6	45	„	„	171	17	„

Die grösste bis jetzt ermittelte Tiefe im Indischen Ozeane wurde gelegentlich der Lotungen zur Legung eines zweiten Kabels vom Indischen Archipele nach Australien in 11° 22′ s. Br. und 116° 50′ ö. L. v. G. gefunden und beträgt 6205 *m* [3]).

Lotungen im Nordatlantischen Ozeane zwischen 47° 50′ und 38° nördl. Br. und 30°—31° westl. L. Gr. hat der Dampfer „Minia“ zum Zwecke einer Kabellegung ausgeführt [4]). Die grösste gefundene Tiefe war 3800 *m*, die geringste 2858 *m*.

Die Tiefen des Mittelmeeres sind im Auftrage des kgl. italienischen hydrographischen Amtes durch den Dampfer „Washington“ unter dem Kommando von Magnaghi erforscht worden. Nach dem Berichte von O. Silvestri [5]) hat das Schiff, von Taranto nach Bengasi segelnd, vier Punkte grösster Tiefe gelotet, nämlich:

östl. L. v. Gr.	nördl. Br.	Tiefe in Metern
18° 28′	36° 30′	3976
18 38	35 40	4055
18 36.5	36 3	4057
18 8.5	35 52.5	4067

Es existiert also dort eine grosse untermeerische Depression, die, geologisch betrachtet, nicht sehr alt sein kann, weil man auf Malta und Sizilien zahlreiche Knochen von Elefanten findet, die mit dem heutigen Elephas Africanus die grösste Ähnlichkeit besitzen.

Das östliche Mittelmeer ist von der Expedition der „Pola“ untersucht worden [6]). Die grösste gelotete Tiefe ist 3700 *m* östlich von der noch tieferen Mulde, die sich von Malta gegen Cerigo hin erstreckt und unter 19° östl L. Tiefen bis zu 4000 *m*

[1]) Klein, Jahrbuch **1.** p. 167.
[2]) Ann. der Hydrographie 1891. p. 77.
[3]) Naturw. Mitteil. 1891 p. 256.
[4]) Ann. der Hydrographie 1891 p. 25.
[5]) Atti dell' Accademia Gioenia in Catania [6] **1.** p. 157.
[6]) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 9. Okt. 1890.

Digitized by Google

aufweist. Versuche mit weissen Metallscheiben zeigten in einer Entfernung von 15 Meilen von der afrikanischen Küste, dass das Licht bis zu 43 *m* Tiefe eindringt, während photographische Platten noch in 500 *m* Tiefe Spuren der Lichtwirkung erlitten.

Die Wärmeverhältnisse im Mittelländischen Meere sind von denjenigen des Atlantischen Ozeans in ihrem Verhalten mit zunehmender Tiefe völlig verschieden. Im Ozeane sinkt die Wasserwärme von 20° C. an der Oberfläche bis zu 2.7° C in 2600 *m* Tiefe, während im Mittelmeere die Oberflächentemperatur von 25° C. nur bis zu 200 *m* Tiefe abnimmt, dann aber konstant (13° C.) bleibt. Die Kurve dieser letzten Temperaturabnahme zeigt grosse Ähnlichkeit mit derjenigen im Genfersee, und F. A. Forel kommt hierdurch zu der Annahme, dass in beiden Fällen gleiche Ursachen wirksam sind [1]. Die Temperaturen eines Sees werden von den oberflächlichen Wasserschichten bedingt, welche den wechselnden Wärmeeinflüssen der Atmosphäre und der Sonne ausgesetzt sind. Sie unterliegen drei Arten von Schwankungen: täglichen, jährlichen und lustralen, von denen die ersteren sich höchstens bis 10 *m* oder 20 *m* Tiefe erstrecken, während die beiden anderen lange genug anhalten, um sich über die ganze Wassermasse auszudehnen. Untersucht man einen See am Ende des Winters, nachdem die tiefe, jedoch stets oberhalb 4° bleibende Temperatur mehrere Monate eingewirkt, so findet man überall eine gleichmässige Temperatur; im Frühjahre beginnt die oberflächliche Schicht sich zu erwärmen, und die Erwärmung dringt langsam in die Tiefe, da die wärmeren Schichten stets oben liegen bleiben, und die Wärme nur durch Leitung in die Tiefe dringt; dies dauert bis zum Ende des Sommers; im Herbste und bis zum Ende des Winters kühlen sich die Oberflächenschichten ab, bis sie die Tiefentemperaturen erreicht haben.

Die Erwärmung der Oberfläche wird erzeugt durch die Berührung mit der wärmeren Luft, durch die latente Wärme beim Kondensieren der Feuchtigkeit an der kälteren Wasseroberfläche, durch die Strahlung der Sonne, der Luft und der Küsten, durch Umwandlung der mechanischen Bewegung von Wellen und Strömungen in Wärme und durch organische wie unorganische chemische Prozesse. Von der Oberfläche dringt die Wärme in die Tiefe: durch Leitung, durch direktes Eindringen der strahlenden Wärme, durch mechanische Mischung der oberen Schichten infolge der Wellen und der Strömungen, ganz besonders der vertikalen, durch warme feste Körper, welche von der Oberfläche zu Boden sinken, durch die trüben Wasser der Zuflüsse, welche infolge der suspendierten Partikel tiefer sinken, als ihrer Temperatur entspricht, und so die tieferen Massen erwärmen, und endlich in gleicher Weise durch das von Wogen und Wellen ge-

[1]) Archives scienc. phys. et nat. 1891 Ser. [3] **25.** p. 145.

Digitized by Google

trübte Küstenwasser. Diesen während der warmen Jahreshälfte wirkenden Einflüssen stehen in der kalten Hälfte die abkühlenden gegenüber, welche an der Oberfläche sich geltend machen durch den Kontakt mit der kalten Luft, durch Verdunstung, Strahlung und das Niederfallen kalter Körper.

Diese verschiedenen Einflüsse haben, wie leicht zu übersehen, die Wirkung, dass in der Tiefe, und zwar von etwa 100 *m* bis 150 *m* an, eine das ganze Jahr hindurch gleichmässige Temperatur angetroffen wird, welche dem niedrigsten Wärmegrade entspricht, den das Wasser im Laufe des Jahres angenommen hat: über dieser liegt eine Schicht wechselnder Temperatur, welche im Winter der unteren gleich kommt, im Frühjahre und Sommer die verschiedenen Stadien der zunehmenden Erwärmung, im Herbste die fortschreitende Abkühlung zeigt. Die Wärme der Tiefenschichten ist in der Regel sowohl den erwärmenden, wie den abkühlenden, an der Oberfläche wirkenden Einflüssen entzogen; wenn aber abnorm lange und strenge Winter oder anhaltende, hohe Hitzegrade auf die Oberfläche wirken, können selbst die Wasser der Tiefe ihre Wärme ein wenig ändern, und diese Änderungen werden einen sicheren Anhaltspunkt geben zur Beurteilung lustraler und anderer klimatischer Wärmeschwankungen grösserer Perioden.

Das Mittelländische Meer verhält sich in betreff der Temperaturverteilung wie die hier besprochenen Süsswasserseen. Das ganze Jahr hindurch findet man in den Tiefen unter 500 *m* eine gleichmässige Temperatur von 13°; das Oberflächenwasser kühlt sich im Winter nicht unter 13° ab und erwärmt sich im Sommer auf 25°. Da das Mittelländische Meer, durch eine hohe Barre vom Atlantischen Ozeane getrennt, ein abgeschlossenes Becken bildet, und seine Temperatur niemals unter die des Dichtigkeitsmaximums sinkt, so finden die für die Süsswasserseen mit tropischem Typus gültigen Betrachtungen auch hier ihre Anwendung; nur muss beachtet werden, dass die Zuflüsse, welche mit suspendierten Teilchen beladen sind, nicht in grosse Tiefen dringen und dorthin ihre Wärme tragen, wie in den Süsswasserbecken, weil sie hier in Salzwasser gelangen, dessen spezifisches Gewicht sie nicht erreichen; ferner wird im Mittelmeere zwar nicht die zentrale Erdwärme, wohl aber der Vulkanismus wenigstens lokal als Wärmequelle mit berücksichtigt werden müssen (?), während er bei den Seen gar nicht in Frage kam.

Eine sehr wichtige Differenz zwischen den Süsswasserseen und dem Mittelmeere bildet freilich der Salzgehalt des letzteren. Sein Einfluss auf die Schwere des Wassers ist nach den vorliegenden Messungen an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Tiefen von derselben Grössenordnung, wie die Schwereänderungen, welche durch die in diesem Meere vorkommenden Temperaturverschiedenheiten veranlasst werden, so dass sie sich

Digitized by Google

neutralisieren können, wenn sie einander entgegen wirken. Der Einfluss dieses Momentes ist leicht übersichtlich und veranlasst in der That ein verschiedenes Verhalten von dem der Süsswasserseen. Letztere schichten sich thermisch, so wie die Oberfläche erwärmt wird, das warme Wasser bleibt, weil leichter, oben liegen; wenn aber das Wasser salzhaltig ist, so wird es beim Erwärmen nicht leichter, sondern infolge der Verdunstung konzentrierter, schwerer und sinkt zu Boden. Ebenso steigert der Salzgehalt bei der Abkühlung durch die Verdunstung die Zunahme des spezifischen Gewichtes, und das abgekühlte Wasser sinkt früher und tiefer nieder; die absteigenden Konvektionsströme komplizieren den Verlauf der Erwärmung und Abkühlung, die Mischung der verschieden temperierten Wassermassen wird beschleunigt. Aber im grossen und ganzen sind die Vorgänge im salzhaltigen Mittelmeerwasser die gleichen wie in den Süsswasserseen, wenn man die Komplikation durch den Salzgehalt berücksichtigt.

Wie in den Seen des Süsswassers ist es auch im Mittelländischen Meere vorzugsweise die Oberfläche, von der aus die Wärme während des Sommers die obersten Schichten thermisch lagert, und von der sich im Herbste die Wärme verliert, hierdurch wird eine Gleichförmigkeit der Temperaturen herbeigeführt, indem die obersten Schichten auf die Temperatur der Tiefenschichten sich abkühlen. Durch die langsame und langanhaltende Fortpflanzung der Oberflächenwärme wird die Temperatur der Tiefenschichten im Verlaufe der Zeiten auf etwa 17° über der Temperatur des Dichtemaximums des Salzwassers (— 4°) erhöht; aber wegen der verhältnismässig schnellen Abkühlung in den kalten Wintern (weil Verdunstung und Abkühlung gleichsinnig die Schwere des Salzwassers steigern) entweicht die Wärme der Tiefenschichten leicht in die Atmosphäre, und so wird verhindert, dass die Temperatur der Tiefenwasser unbeschränkt sich weiter erhöht[1]).

Die grosse Ausdehnung des Mittelländischen Meeres, ferner der Umstand, dass das Mittelländische Meer in mehrere von einander ziemlich unabhängige Becken geteilt ist, komplizieren die Verhältnisse nicht unwesentlich. Gleichwohl darf man erwarten, von einer eingehenden thermischen Untersuchung des Mittelländischen Meeres wichtige klimatische Resultate zu erhalten: im besonderen wird es von Interesse sein, die Temperatur der Oberfläche in ihrem Verhältnisse zur Lufttemperatur nach ihren örtlichen und zeitlichen Schwankungen und die thermische Lagerung der oberen Schichten in den verschiedenen Jahreszeiten und in den verschiedenen Meeresbecken zu ermitteln und die Temperatur des Tiefenwassers auf ihre Konstanz und ihr Verhalten in den verschiedenen Abteilungen des Meeres zu prüfen.

---

[1]) Naturw. Rundsch. 1891 Nr. 20.

Digitized by Google

Über das Verhältnis der Wassertemperatur an der Oberfläche des Ozeans zur Temperatur der Luft darüber hat M. Köppen Untersuchungen angestellt [1]). Im allgemeinen Durchschnitte ist dieser Unterschied nur sehr gering, doch kommen in einzelnen Fällen auch ansehnliche Abweichungen vor. Mit Sicherheit kann man annehmen, dass die tägliche Schwankung der Lufttemperatur auf dem offenen Meere mindestens 2- bis 3-mal grösser ist als die der Oberflächentemperatur des Ozeans, und ähnlich ist es mit der jährlichen Schwankung. Natürlich verursachen kalte oder warme Strömungen grössere Abweichungen. Für gemässigte Breiten kann man annehmen, dass über warmen Strömungen die mittlere Temperatur der Luft im Sommer derjenigen des Wassers sehr nahe gleich ist, im Winter dagegen 2° bis 3° C. unter diese herabsinkt. Über kalten Strömungen ist die Lufttemperatur während eines grösseren Teiles des Jahres höher als die des Wassers, sinkt auch im Winter nicht so tief unter diese herab. Im Jahresmittel geben 4 Zusammenstellungen für warme Strömungen einen durchschnittlichen Überschuss der Temperatur des Wassers über diejenige der Luft von 1.3° C., kalte einen solchen von 0.1° C. auf Seiten der Luft. Hiernach darf man annehmen, dass für die Meeresoberfläche im ganzen das Wasser um ein geringes wärmer ist als die unmittelbar darüber ruhende Luft. Eine merkwürdige und noch unerklärte Thatsache ist die, dass das Meer zwischen Luzon, Sumatra und Neu-Guinea an der Oberfläche etwa 2° C. wärmer ist als die darüber ruhende Luft.

Forschungen im Schwarzen Meere wurden 1890 von dem russischen Kanonenboote „Tschernomorez" ausgeführt [2]). Bei dieser Gelegenheit benutzte man zum ersten Male elektrische Lampen, um die Durchsichtigkeit des Wassers zu bestimmen. Bei Versenkung derselben verschwanden erst die Lichtpunkte, dann blieb ein Kreis diffusen Lichtes, der allmählich auch entschwand. Die Hauptergebnisse der Expedition sind nach Prof. Woeikow folgende: Tiefe. Das Schwarze Meer ist ein tiefes Becken, weit mehr als die Hälfte desselben ist tiefer als 2000 *m*; im grossen und ganzen ist der Abfall namentlich von 200 bis 1300 *m* steil. Der steilste Abfall wurde beobachtet bei Gelendschik, nahe der Ostküste unter ca. 44° nördl. Br. bis 12°, in der Nähe von Alupka an der Südküste der Krim 6°, und bei Amastra an der Küste Kleinasiens 4°. Seicht ist nur der nordwestliche Teil des Meeres, so dass keine Tiefe über 200 *m* nordwestlich von einer Linie vorkommt, welche von 42.5° nördl. Br. 27.75° östl. L. (also östlich von Burgas) bis 44° nördl. Breite

---

[1]) Annalen d. Hydrographie 1890. p. 445 u. ff.
[2]) Petermann's Mitteilungen 1891 p. 33 ff.

32.5° östl. L. (also etwas südlich vom Vorgebirge Terchankut, dem westlichen Punkte der Krim) geht. Auch südlich von Burgas bis zum Bosporus und in geringerem Grade an dem westlichsten Teile der kleinasiatischen Küste bis in die Nähe von Pendereklia und in der Nähe der Strasse von Kertsch entfernt sich die 200 *m*-Tiefe ziemlich vom Ufer. Die 2000 *m*-Linie entfernt sich sehr wenig von der 200 *m*-Linie an den Küsten der Krim, des Kaukasus nördlich von 43° nördl. Br. und Kleinasiens zwischen 35.75° und 30.25° östl. L., etwas mehr im Süden der Ostküste und im Osten der Südküste und noch mehr im Westen des Meeres. Namentlich ist eine nordöstliche Ausbuchtung derselben gegenüber dem Bosporus bemerkbar. Der tiefste Teil, über 2600 *m*, ist nicht vollständig erforscht. Im Westen findet sich diese Tiefe westlich vom Meridiane von Eupatoria (33.25° östl. L.) und ist bis zum Meridiane von Sinope ziemlich schmal, weiter östlich breiter; die östliche Grenze ist nicht bestimmt Im östlichen Teile sind die Beobachtungen noch zu spärlich. In Tiefen unter 1500 *m* ist der Boden ziemlich flachmuldig. Die Hypothese Andrussow's, dass es einen minder tiefen Teil zwischen der Krim und Kleinasien gebe, der die tieferen Becken in West und Ost trenne, hat sich also nicht bestätigt. Er suchte eine Analogie mit dem Kaspischen Meere, welches bekanntlich in ein nördliches und südliches Becken geschieden ist. Die Temperatur zeigt im Sommer, ausser in der Nähe der Donau, eine doppelte Schichtung. Bis zu etwa 30 Faden (55 *m*) nimmt sie erst rasch, dann langsam ab, dann wieder langsam zu. Von 17 Faden (31 *m*) an ist die Temperatur über den tieferen Stellen höher als in der Nähe der Küsten. Spindler berechnete auch die Mitteltemperatur der Schicht zwischen 5 und 29 Faden (9 bis 53 *m*). Die höchste findet sich an dem mittleren Teile der kleinasiatischen Küste und von dort bis etwa zu einem Drittel der Entfernung von der Krim. Sie ist auf dieser Strecke über 13°. Diese Temperatur reicht etwa von 32° bis 38° östl. L. Nördlich und auch südwestlich liegt die Isotherme 12°, so dass in der Nähe des Bosporus die Temperatur unter 12° ist. In einer kleinen Entfernung von der Südküste der Krim findet sich die Isotherme 11°, die etwa unter 40° östl. L. nach Südost bis in die Nähe der Küste Kleinasiens umbiegt. In der Südostecke ist das Meer wieder wärmer, in der Nähe von Batum auf hoher See 12.5°. Ganz verschieden davon ist die Temperatur an der Oberfläche. Die niedrigste, unter 22°, findet sich auf einem kleinen elliptischen Raume zwischen dem südlichsten Teile der Krim und Amastro in Kleinasien, näher an das letztere; unter 23° ist die Temperatur in der Nähe des Bosporus und in dem grösseren Teile des tieferen Beckens, den Osten ausgenommen, und diese relativ tiefe Temperatur reicht bis zu 37.5° östl. L., über 24° ist sie im Südosten und Nordwesten. Jedoch ist nicht zu vergessen, dass der letztere

Teil später besucht wurde, als die Erwärmung weiter vorgeschritten war. Die Dichtigkeit bei 17.5°, also eigentlich der Salzgehalt, nimmt erst langsam, dann zwischen 40 und 400 Faden (73 und 730 *m*) rasch, weiter wieder langsam zu. In der Nähe des Bosporus ist sie auffallend gering in den oberen Schichten, nimmt aber bis zum Grunde rasch zu; hier ist der Einfluss der doppelten Strömung zu erkennen. In den oberen Schichten ist wohl eine Strömung von der Donau her vorhanden, in den unteren jedenfalls vom salzigen Marmarameere. Eine doppelte Strömung im Bosporus selbst ist von Kontreadmiral Makarow bewiesen. In der Nähe der Donau ist das Wasser an der Oberfläche am wenigsten salzig, in 19 Faden (35 *m*) aber salziger als in der Nähe des Bosporus. Spindler nimmt in dieser Schicht und tiefer eine Strömung von der Krim her an. Die Temperatur 7.2° in etwa 30 Faden (55 *m*) entspricht nach ihm der Wintertemperatur der Oberfläche in Jalta und Noworossiisk (6.8); im westlichen Teile des Meeres ist sie niedriger. So fand Kapitän Stronsky Anfang 1875 in der Nähe des Bosporus 5°, während bei Batum 8° beobachtet wurden. Die hohe Temperatur in der Tiefe wird durch das wärmere Unterwasser erklärt, welches durch den Bosporus aus dem Marmarameere eindringt. So klein die Menge des einströmenden Wassers im Verhältnisse zur ganzen Wassermasse des Meeres ist, musste sie doch mit der Zeit sich verbreiten und grosse Wirkungen ausüben. Der grösste Salzgehalt an der Oberfläche wurde in den mittleren Meridianen und namentlich in der Nähe der kleinasiatischen Küste gefunden; nach Osten und namentlich nach Westen nimmt er ab. In der Mitte und namentlich im Süden ist die Regenmenge des Sommers am kleinsten, und es giebt auch keine grösseren Flüsse. Nach Osten wächst die Regenmenge, hier ist die Mündung des Rion, und durch die Strasse von Kertsch fliesst wenig salziges Wasser hinein Im Westen sind namentlich Donau und Dnjepr thätig, den Salzgehalt zu mindern. Die Dichte bei 17.5 (Salzgehalt) in 5 bis 29 Faden (9.5 bis 53 *m*) ist von derjenigen an der Oberfläche etwas verschieden; die grösste (über 140) findet sich nicht an der kleinasiatischen Küste, sondern in einem elliptischen Raume nordöstlich davon; nahezu der ganze tiefere Teil des Meeres hat in diesen Schichten eine Dichte über 1.39. Die Zusammenstellung der für die Dichte erhaltenen Werte im pelagischen Teile des Meeres zeigt, dass das Gleichgewicht im Meere sehr stabil ist. „Bei den sehr grossen jahreszeitlichen Änderungen der Temperatur und des Salzgehaltes an der Oberfläche muss die wirklich herrschende Dichte hier auch sehr verschieden sein, und zwar muss sie im Winter sehr zunehmen, so dass bis zu einer Tiefe von etwa 30 Faden (55 *m*) Konvektionsströmungen möglich sind, welche das an der Oberfläche erkaltete Wasser bis in diese Tiefen bringen. Dies ist auch die Schicht niedrigster

Digitized by Google

Temperatur, da hierher im Winter das erkaltete Wasser direkt hinkommt, nicht aber im Sommer das erwärmte, weil dieses dann leichter wird. Die Schicht von etwa 30 Faden (55*m*) ist kälter, als die grössten Tiefen, weil in letztere kein Wasser von oben durch Konvektionsströmungen direkt gebracht wird; diese Schichten erhalten das warme Unterwasser des Mittelmeeres durch den Bosporus und die Dardanellen.

Von 75 Faden (137 *m*) Tiefe an hat das Wasser einen Geruch von Schwefelwasserstoff (H_2S), in 100 Faden (180 *m*) wird er stärker, von 200 Faden (360 *m*) an ist so viel von diesem Gase vorhanden, dass das organische Leben wohl unmöglich wird. Wirklich haben die Dragierungen von dieser Tiefe an keine lebenden Organismen gebracht, während die oberen Schichten überall an Leben reich sind. Als Hauptresultate in biologischer Hinsicht bezeichnet Dr. Andrussow das Vorhandensein von Lithomenien, Kalkschwämmen und Holothurien, welche bis jetzt im Schwarzen Meere nicht bekannt waren, und die grosse Zahl der Seesterne. Dann lenkt er die Aufmerksamkeit auf eine Zone, welche er Zone des Modiolschlammes nennt, und welche überall, ausser in der Nähe des Bosporus, in Tiefen von 30 – 35 bis etwa 100 Faden (55—180 *m*) vorkommt und durch kleine zarte Mollusken (Modiola phaseolina, Scrophicularia alba, kleine Trophon und Ceritium), kleine Ophiuriden und Ascidien, Polyenaeta u. s. w. charakterisiert wird. Über 35 Faden (64 *m*) ist die pelagische Fauna identisch mit der littoralen, unter 100 Faden (180 *m*) findet das Leben bald ein Ende, und dem Modiolschlamme folgt ein hellgrauer zäher Schlamm, oft mit schwarzem Anfluge, halbfossile Schalen von Dreissena, Cardium und Micromelana enthaltend. Diese Schicht erstreckt sich etwa von 100—1000 Faden (180 bis 1800 *m*) Tiefe; auf dem ebenen Boden der grossen Tiefen ist ein dunkler, graublauer Schlamm vorhanden, mit weissen organischen Resten, welche ganz leblos sind und Skelette pelagischer Organismen, namentlich der Coscinodiscus-Diatomeen und Fischgräten, enthalten. Aus 200—400 Faden (360—720 *m*) Tiefe brachte die Drage keine lebenden Wesen zutage, sondern nur halbfossile Schalen von Mollusken, welche nicht im offenen Meere, sondern in den brackigen Limanen des Schwarzen Meeres und im Kaspi-See leben. Der Salzgehalt der betreffenden Schichten ist zu gross, als dass solche Organismen hier unter den jetzigen Verhältnissen leben könnten. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Organismen hier von den jetzigen Limanen durch Strömungen so weit gebracht würden, denn es fehlen in diesen Tiefen die Schalen der nächsten littoralen Mollusken, welche doch leichter verschleppt werden könnten. Daher findet Dr. Andrussow nur eine Erklärung: es sind Reste von Organismen, welche hier lebten, als nach dem sarmatischen Meere, in der quaternären Zeit, ein See mit brackigem Wasser existierte. Als der Durchbruch des Bosporus erfolgte,

Digitized by Google

und die Tiefen des Schwarzen Meeres mit salzigem Wasser gefüllt wurden, konnte die Brackwasserfauna nicht mehr hier leben; ein Teil flüchtete sich in die Limane, ein anderer ging zu grunde. Daher stammen die überall in 200—400 Faden (360—720 *m*) Tiefe gefundenen Dreissena, Cadium u s. w. Die frühere Fauna wurde durch neue Ankömmlinge aus dem Mittelmeere ersetzt; doch konnten sich nur die in kleineren Tiefen lebenden Organismen verbreiten. Das Eintreten einer Tiefseefauna wurde durch zwei Umstände verhindert: 1. durch Seichtigkeit des Bosporus, 2. durch die Fäulnisprodukte, namentlich den Schwefelwasserstoff, welche sich in grösseren Tiefen bildeten und bei der äusserst schwachen Bewegung der tiefen Gewässer nur sehr langsam entfernt wurden. Die Verwesung der Organismen in Salzwasser geschieht sehr langsam, daher dauerte der Prozess lange; seitdem aber sind Ursachen vorhanden, welche immer neue Zersetzungsprodukte, namentlich Schwefelwasserstoff, liefern. In den oberen Schichten ist reiches Leben. Die Tiere sinken nach dem Tode und werden nicht, wie in den Ozeanen, von anderen verspeist, sondern verwesen in den Tiefen. Baron Wrangell findet, dass die von der Hypothese Andrussow's geforderte sehr langsame Zirkulation der tiefen Gewässer wirklich vorhanden ist. Die epochemachenden Untersuchungen Makarow's beweisen wohl, dass ein beständiger Unterstrom salzigen Wassers von dem Bosporus ins Schwarze Meer dringt, welcher von ihm auf etwa 200000 englische Kubikfuss per Sekunde, also 178 *ckm* per Jahr bestimmt wurde (kaum mehr als die Hälfte des Wassers der Wolga an der Eisenbahnbrücke oberhalb Sysran, 312 *ckm*). Die Oberfläche des Schwarzen Meeres beträgt 381500 *qkm*; nehmen wir die mittlere Tiefe zu rund $1^1/_2$ *km* an, so würde die Untertrömung des Bosporus das Meer in 3080 Jahren füllen. Jedoch bei weitem nicht die ganze Masse der Unterströmung des Bosporus errreicht die grossen Tiefen des Schwarzen Meeres. Ein grosser Teil unterliegt der lebhaften Zirkulation der oberen Schichten, und die vertikale Zirkulation in den tieferen Schichten erneuert das Wasser vielleicht nur in Zehntausenden von Jahren.

Die Strömungen in der Strasse von Messina. Die Meeresstrudel Scylla und Charybdis in der Strasse von Messina, zwischen Sizilien und Calabrien, spielen bekanntlich bei den alten Dichtern und Schriftstellern eine grosse, schreckensvolle Rolle. Die schmale Wasserstrasse gestattet von den Höhen am Ufer einen bequemen Blick auf die „heulenden Ungeheuer“ der Alten, und es bleibt dem heutigen Beschauer unbegreiflich, wie in diesen unbedeutenden Strudeln voreinst die halbe Flotte des Octavian zu Grunde gehen konnte. Wäre es nicht unbestreitbare Thatsache, dass das geringe naturkundliche Wissen der Alten vielfach mit Fabeln vermengt war, so könnte man glauben, die Strasse von Messina habe sich seit dem Altertume erbreitert,

Digitized by Google

denn die dortigen Strudel sind meist so unbedeutend, dass es schwer hält, die wirklichen Orte, welche der Scylla und Charybde entsprechen, festzustellen. Jüngst hat der kgl. Wasserbau-Inspektor Keller die Strömungsverhältnisse in der Strasse von Messina genauer studiert. Sein Bericht ist durch das kgl preussische Ministerium der öffentlichen Arbeiten dem Reichs-Marine-Amt zugegangen und von diesem den Annalen der Hydrographie. Der allgemeinen Annahme gemäss befindet sich der Wirbel der Scylla dicht vor dem hohen Gneisfelsen der kalabrischen Küste, auf dem das Städtchen Scylla liegt, und der an seinem unteren Teile im Meeresspiegel eine Anzahl tief ausgewaschener Höhlen besitzt. Bei sehr starkem Wellenschlage ertönt dort ein Brausen der Brandung, welches eine entfernte Ähnlichkeit mit dem Bellen eines Hundes hat und dadurch wahrscheinlich die Fabel des Altertums veranlasste. Die Charybdis ist ein Strudel nahe dem Hafen von Messina, etwa neun Seemeilen von der Scylla entfernt, so dass es für den kundigen Schiffsmann unter den gewöhnlichen Verhältnissen ziemlich schwierig ist, aus der Charybde sogleich in die Scylla zu fallen. Von jener geht übrigens die Sage, dass unter dem grossen Stauffer Friedrich II. dort der Fischer Cola Pesce aus Catania einen goldenen Becher aus der unergründlichen Tiefe heraufgeholt habe, und als er das Wagnis abermals unternahm, in den Abgründen der See zurückgeblieben sei. Spallanzani hat später diese Tiefe gemessen und sie zu 500 Fuss gefunden, also sehr gering im Vergleiche zu den sonstigen Abgründen des Mittelländischen Meeres. „Unwillkürlich," bemerkt Herr Keller, „verbindet sich mit diesen klassischen Orten ein leichtes Gefühl des Grauens, das beim Besuche der malerisch schönen, aber dem Anscheine nach harmlosen Küste der Meerenge einer gewissen Enttäuschung Platz macht. Und dennoch ist die Strasse von Messina auch für unsere modernen Fahrzeuge, wenigstens für kleinere Segelboote, keineswegs ungefährlich, wenn ihre Leitung nicht kundigen Händen anvertraut ist." Heute steht im Hafen von Messina ein selbstschreibender Flutmesser, aus dessen Aufzeichnungen unzweifelhaft hervorgeht, dass die Strömungen der Meeresstrasse in erster Linie von Ebbe und Flut, in zweiter Linie aber auch gleichzeitig vom Winde abhängen. In der Strasse von Messina ist die Gezeitenströmung ziemlich mächtig, und dies erklärt sich aus dem Umstande, dass im Jonischen Meere Niedrigwasser herrscht, wenn das Tyrrhenische Meer Hochwasser hat, und umgekehrt. Aus der von Herrn Keller gegebenen Beschreibung des Verlaufs der Strömung in der Meerenge geht hervor, dass sich in den verschiedenen Stunden der Gezeiten dort an verschiedenen Stellen Wirbel bilden müssen. Herr Keller kommt zu folgendem Ergebnisse: „Die von dem Messinesen Refoli, von den Neapolitanern Garofoli genannten Wirbelbildungen treten am heftigsten auf, wenn die Strömungen am stärksten sind. Mit

Digitized by Google

wirklicher Gefahr verknüpft können sein, jedoch nur in den Tagen ihrer vollen Entwicklung: 1. die Strudel im Norden des Hafens von Messina, besonders zur Zeit der Syzygien bei starken Südostwinden, die das Wasser aus dem Jonischen Meere in die Strasse treiben; 2. die Strudel am Dorfe Faro, welche öfters Boote aus der Strömung geschleudert oder von den Ankern los in die Querströmung gerissen haben, die sie nach der klippenreichen calabrischen Küste (Torre Cavallo) trieb, bei eingehendem Strome weiter gegen die Punta del Pezzo, bei ausgehendem gegen die Scylla. Der Scyllafelsen ist nun aber durchaus nicht die bedenklichste Stelle jener Küste; es befindet sich im Gegenteile unweit desselben ein ziemlich guter Ankerplatz. Die Vermutung liegt daher nahe, dass diesem zwar minder gefahrdrohenden, aber am meisten in die Augen fallenden Punkte der unwirtlichen Küste in späterer Zeit jener Name beigelegt worden, mit dem man ursprünglich die Wirbel- und Strömungserscheinungen belegt hatte, welche die Grundursache dieser Gefahr sind. Unter Scylla wären demnach die Strudel und Strömungen am Ausgange der Meerenge zu verstehen, unter Charybdis die Strudel vor dem Hafen von Messina. Zwischen diesen beiden Stellen besitzen die Strömungen ihre grösste Geschwindigkeit und wechseln am häufigsten ihre Richtung. Nur unter kundiger Führung kann ein Segelboot die Strasse von Messina sicher passieren, wenn Tiden und Winde die Ströme und Strudel mächtig erregen. Für den unkundigen Seefahrer gilt dann auch heute noch: Incidit in Scyllam, qui vult vitare Charybdim."

Der Kuro-Siwo oder Japanische Strom. John J. Mahlmann veröffentlicht in einem Artikel der „Japan Gazette" die Resultate seiner auf 300 Reisen zwischen Jokohama und Kobe gesammelten Erfahrungen.

Es ist allgemein bekannt, dass der Kuro-Siwo (der schwarze Strom) aus dem Äquatorialstrome des Stillen Ozeans entsteht. Indem dieser auf die Philippinen und die südlich von denselben liegenden Inseln stösst, teilt er sich in zwei Arme, von denen der eine erst südlich nach der Küste von Australien und dann östlich läuft. Der andere Arm, welcher weiter nördlich Kuro-Siwo genannt wird, setzt anfangs nordwärts, passiert die Ostküste der Philippinen und die Liukiu- (Lu-Tschu-) Inseln und nimmt dann eine nordöstliche Richtung. In dieser fliesst er bei der südlichen und südöstlichen Küste Japans vorüber und setzt hierauf seinen Lauf bis zur Westküste Amerikas fort. Da der Kuro-Siwo in dem Äquatorialstrome seinen Ursprung hat, ist sein Wasser beträchtlich wärmer als dasjenige des Ozeans, durch welchen er fliesst, und es lassen sich daher seine Grenzen durch Temperaturmessungen des Wassers ermitteln. Die Grenzen, sowie die Breite und Geschwindigkeit dieses Stromes sind nicht konstant, sondern werden durch die Monsune der Chinesischen See erheblich modifiziert.

Digitized by Google

Auch die Stürme im Stillen Ozeane beeinflussen den Kuro-Siwo; namentlich verursachen sie oft eine beträchtliche Änderung seiner Richtung. Während guten Wetters läuft der Kuro-Siwo von der Vandiemens-Strasse aus in fast gerader Linie nach der Rock-Insel und berührt auf seinem Laufe Osima. In den Wintermonaten wird er zwar öfter auf dieser Linie und selbst etwas südlich von derselben nicht angetroffen, aber im Sommer kann man nach andauernd gutem Wetter stets darauf rechnen, ihn anzutreffen und die Linie Osima-Rock-Insel als eine nördliche Grenze annehmen. Dieselbe ist leicht erkenntlich an dem Seetang, Treibholz und den Kabbelungen, sowie an der dunklen Farbe des Stromes (daher der Name Kuro-Siwo), welche gegen die Farbe des übrigen Meeres sehr absticht. Von Rock-Insel läuft der Kuro-Siwo, etwas nördlicher werdend, bei Nosima-Saki vorüber in den nördlichen Teil des Stillen Ozeans.

In den an den nördlichen Rand des Kuro-Siwo anstossenden Gewässern findet meistenteils kein Strom statt, doch wurde zuweilen eine in der entgegengesetzten Richtung des Kuro-Siwo laufende Strömung beobachtet, wie dies z. B. im Februar 1879 der Fall war. Zu dieser Zeit wurde das Segelschiff „Sumanuramaru“, Kapt. Spiegelthal, welches in ca. 10 Seemeilen Entfernung von Osima seine Masten verloren hatte, während Windstille in vier Tagen 25 Seemeilen nach Westen versetzt. Zwischen der den Kuro-Siwo begrenzenden Zone, wo fast nie Strömungen stattfinden, und der Küste Japans treten Gezeitenströmungen auf.

Die Breite der Zone, welche zwischen dem Kuro-Siwo und der Küste liegt, ändert sich mit der Richtung und Stärke des Windes. Bei heftigen nördlichen Winden vergrössert sie sich, bei südlichen und östlichen wird sie geringer. Wehen letztere andauernd mit grosser Stärke, so weicht der Kuro-Siwo von seiner regelmässigen ONO-Richtung ab und setzt mehr oder weniger direkt auf die Küste zu, wo er aussergewöhnlich hohe und heftige Fluten verursacht. Da dann der Strom mit ziemlicher Geschwindigkeit nach dem Lande zu setzt, sind Dampfschiffe zuweilen 16 Seemeilen in eben so viel Stunden landwärts versetzt worden und haben Osima an Backbord statt an Steuerbord in Sicht bekommen.

Die Zone längs der Küste, in welcher Gezeitenströmungen auftreten, hat nicht an allen Stellen und zu allen Zeiten dieselbe Breite. Sie erstreckt sich 5 bis 6 Seemeilen seewärts und hat bei den Landspitzen, welche am weitesten vorspringen etwa 0.5 Seemeilen Breite. Im allgemeinen steht die Geschwindigkeit der Gezeitenströmungen im umgekehrten Verhältnisse zur Breite dieser Zone; je geringer de Breite derselben ist, desto schneller laufen die Gezeitenströmungen. Bei Osima wurde zuweilen kein Flutstrom bemerkt, wahrscheinlich weil der Kuro-Siwo, wenn er auf dieses Kap stösst, über den Flutstrom hinwegsetzt, oder weil

Digitized by Google

zu dieser Zeit der Flutstrom durch die Enge zwischet Osima und der Hauptinsel lief.

Der Flutstrom läuft längs der Küste in westlicher Richtung und dringt auch etwas in die tiefen Buchten an deren Westseite ein, während der Ebbestrom an den Ostseiten derselben heraussetzt.

9. Quellen.

Die Bildung der Quellen im Inneren des Kalkplateaus der „Causses“ von Languedoc ist von Martel und Gaupillat dargestellt worden [1]). Hiernach sind dieselben, ähnlich wie die Quellen im Karst und im fränkischen Jura, nichts anderes als das Ausgehende von unterirdischen Wasserläufen, deren einige sogar der direkten Beobachtung zugänglich sind. Die Niederschläge dringen durch die stark zerklüftete Oberfläche sehr leicht ein und gelangen durch Spalten des oberen Dolomites in grössere Tiefen, wo sie sich auf Thon und Mergel in kleinen Lachen sammeln. Aus diesen Lachen werden die noch tiefer liegenden Wasserläufe gespeist, und stellenweise soll das Durchsickern einem dichten Regen vergleichbar sein. Die steilniedersetzenden Klüften folgenden Wasserläufe sind befahrbar, dagegen erscheinen diejenigen, welche sich auf Schichtenflächen ihren Weg gebahnt haben, unzugänglich.

Die Lautenthaler Soolquelle im Harze ist seit 30 Jahren durch die merkwürdige Zusammensetzung ihrer Wasser und ihrer Absätze bekannt. Nach den Berechnungen von G. Lattermann [2]) liefert die Soole des Hauptquellarmes bei 40 *l* Wasserführung in der Minute pro Jahr 6570 *kgm* Chlorbarium, 7360 *kg* entspr. schwefelsaurem Baryt, 17585 *kg* Chlorstrontium, 20706 *kg* entspr. schwefelsaurem Strontian. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Soolquelle mit dem Spaltensysteme der Lautenthaler Erzgänge zusammenhängt und aus den nördlich vom Harze liegenden Steinsalzlagern stammt.

Die Höhlen und Mineralquellen des Büdös in Siebenbürgen. Der 1140 *m* hohe Büdös erhebt sich im äussersten Osten Siebenbürgens, am Südostende des Hargittastockes, als Trachytkegel, der südlich steil abfällt. An dieser Seite befinden sich Höhlen, aus denen gewaltige Gasausströmungen hervorkommen. Besonders sind 3 Höhlen berühmt: die Schwefelhöhle, die modernde Höhle und die Alaunhöhle. Die erstgenannte ist 2.5 *m* hoch, 3 *m* breit und 14 *m* tief. Ihr Boden wird bedeckt von einer Kohlensäureschicht, die jedoch einen aufrecht gehenden Menschen nicht hindert, ausser am hinteren Ende, wo sie 2 *m* hoch über den Boden ragt. Jlosvay hat die Zusammen-

[1]) Compt. rend. **109.** p. 829.

[2]) Jahrbuch der kgl. preuss. geolog. Landesanstalt für 1888. p. 259. Berlin 1889.

Digitized by Google

setzung dieses Gases untersucht und findet dafür: CO_2 95.49, H_2S 0.56, O 0.01, N 3.64. Nach seiner Berechnung entströmen der Höhle jährlich wenigstens 723 000 *cbm* CO_2 und 4200 *cbm* H_2S. Soweit der Gasstrom in die Höhe reicht, scheidet sich an den Höhlenwänden durch Oxydation Schwefel aus, und das reichlich herabtropfende saure Wasser geniesst grossen Ruf als Augenwasser. Auf einem Sattel des Büdös entspringen mehrere Quellen, so die Karlsquelle, die Fidelisquelle und die Alaunquelle. Die erstere liefert in der Minute 3 *l* Wasser und ist ein alkalisch-endriatischer Eisensäuerling von hohem Eisengehalte. Die um $^1/_3$ weniger ergiebige Karlsquelle zeichnet sich durch hohen Gehalt an Eisendikarbonat und freier Kohlensäure aus. Die Alaunquelle bricht unter beträchtlichen Gasexhalationen (reine Kohlensäure) hervor, das Wasser riecht schwach nach Schwefelwasserstoff, ist farblos, klar, reagiert sauer, gehört zu den Vitriolquellen. Die Wände der Alaunhöhle bestehen aus überaus stark zersetztem Gesteine und haben sich stellenweise mit einer mehrere Millimeter dicken Salzkruste überzogen[1]).

Die in der Umgebung heisser Quellen auftretende Kieselsinterbildung ist nach W. H. Weed[2]) auf folgende fünf Ursachen zurückzuführen: Verminderung des Druckes, Abkühlung, chemische Reaktion, Verdunstung und pflanzliches Leben. Im Gebiete des Yellowstone-Nationalparkes findet durch Druckverminderung und Abkühlung, hauptsächlich im Norrisbassin, wo auch die kieselsäurereichsten Wasser sind, Sinterbildung statt. Sehr selten ist dort Kieselabsatz durch chemische Reaktion, dagegen bilden sich durch Verdunstung dort Sinter (nach Bunsen ist Verdunstung auf Island die einzige Ursache der Sinterbildung). Weit wichtiger ist die Einwirkung des Pflanzenlebens auf die Ausscheidung der Kieselsäure aus dem heissen Wasser. Vor allem sind es die Algen, welche kieselige Filamente ausscheiden und nach ihrem Absterben eine gallertartige Masse bilden, die erhärtet und schliesslich zu wirklichem Sinter wird. Moose treten dort seltener sinterbildend auf.

Die heissen Quellen auf den Inseln Ferguson und Goulvain, welche zur d'Entrecasteauxgruppe in der Nähe von Britisch Neuguinea gehören, sind von W. Mac Gregor in bezug auf die chemische Zusammensetzung ihrer Wasser untersucht worden[3]). Diese Quellen und die Ausflüsse benachbarter Schlammvulkane sammeln sich in einem kleinen See. Das Wasser der einen dieser Quellen enthielt SO_2 und H_2S, sowie 1.41 % feste Stoffe, bestehend aus Eisen, Magnesia, Kalk und Chlornatrium, auch Lithium wurde spektroskopisch nachgewiesen.

[1]) Tsch. **11.** p. 304. Chem. Zentralbl. 1891. **1.** p. 206.
[2]) Americ. Journ. of Sciences. [3.] **37.** p. 351.
[3]) Transact. Austral. Assoc. f. Adv. of Science. Melbourne 1890.

Digitized by Google

10. Flüsse.

Die Erosion und Transportthätigkeit eines Gebirgsstromes, welcher Gletscherzuflüsse enthält, ist von L. Duparc und B. Baeff studiert worden [1]. Diese Beobachter haben 1890 nahe der Mündung der Arve in die Rhone täglich (mit Ausnahme der Tage des Oktober) die Geschwindigkeit der Oberflächenströmung, das Niveau, die Temperatur und die Menge der in 1 *cbm* aufgelösten und suspendierten Stoffe bestimmt. Ähnliche Messungen wurden gelegentlich auch an einigen Zuflüssen ausgeführt.

Was zunächst die suspendierten Stoffe anbelangt, so ist deren Menge zwischen 1 *g* und 3 *kg* veränderlich. Grosse Schwankungen treten allerdings nur bei Hochwasser ein, allein auch unter normalen Verhältnissen ist es selten, dass während einiger Tage die mitgeführte Stoffmenge konstant bleibt, schon sehr geringe Änderungen im Wasserstande genügen, um die Quantität der mitgeführten Stoffe zu verdoppeln. Abgesehen vom Hochwasser, findet sich das Minimum der Anschwemmung für den Winter, das Maximum für den August. Die Kurve für die suspendierten Mengen ist sehr unregelmässig, sie zeigt eine Reihe sehr nahe liegender Maxima und Minima, welche besonders stark während der Hochwässer hervortreten. Diese treten immer sehr plötzlich ein und dauern 3—4 Tage. Haben sie eine bestimmte Zeit gedauert, so nimmt die Menge des suspendierten Materiales schnell ab, ohne dass gleichzeitig ein merkliches Sinken des Niveaus erfolgt. Dies rührt daher, dass das Anschwemmungsmaterial des Hochwassers fast ausschliesslich das Produkt der Abspülung eines wenig durchlässigen Bodens durch Berieselung ist. Dieser wird von den ersten Regengüssen rasch gereinigt, und von da ab vollzieht sich die Berieselung ohne bedeutende Mengen suspendierten Materials.

Während der trockenen Sommermonate rührt der weitaus grössere Teil des herbeigeführten Anschwemmungsmaterials vom Gletscherschutte her, und die Gletscherbäche spielen die erste Rolle. Während des Winters hingegen, während der Hochwässer und der feuchten Monate sind die Giessbäche (sensu stricto) die Hauptquelle suspendierten Materials. Folgende Daten werden das Gesagte für den August erhärten:

Gletscherbach	des Bossons . .	2287 *g*	Anschwemmungsmaterial	9. Aug.
„	du Tour . . .	243 *g*	„	8. „
„	d'Argentière . .	535 *g*	„	9. „
„	des Bois . . .	483 *g*	„	10. „
„	de Taconnaz . .	215 *g*	„	6. „
Die Diosaz	(kein Gletscherzufluss)	33 *g*	„	12. „
Der Giffre	„ „	24 *g*	„	14. „
Der Borne	„ „	22 *g*	„	14. „

[1]) Compt. rend. **113.** p. 235.

Digitized by Google

Die Variationen der **gelösten** Mengen sind ausserordentlich weniger jäh und weniger beträchtlich, als jene der suspendierten Mengen. Ihr Maximum geht selten über 300 *g* auf 1 *cbm* im Winter und sinkt selten unter 150 *g* im Sommer. Ihre Kurve ist regelmässig und ist in ihrem Laufe jener der suspendierten Massen entgegengesetzt.

Jede Niveauerhöhung wird von einer Verminderung der gelösten Stoffe begleitet. Besonders deutlich tritt diese Erscheinung während des Hochwassers auf. Der Grund davon ist in dem Anwachsen der Geschwindigkeit des Flusses zu suchen, wodurch das Flusswasser kürzere Zeit mit dem aufzulösenden Materiale in Kontakt bleibt. Bei demselben Niveau ist die gelöste Menge im Sommer geringer als im Winter. Die Gründe dafür sind folgende:

1. Die gelösten Substanzen sind Karbonate, welche nur in Gegenwart von Kohlensäure löslich sind. Die Lösbarkeit letzterer nimmt aber mit der Temperatur ab. Da nun die Temperatur des Flusswassers im Sommer am höchsten ist, so enthält dasselbe dann am wenigsten Kohlensäure gelöst und hat daher das geringste Lösungsvermögen.

2. Der Zufluss von Gletscherschmelzwässern (im Winter fast Null) ist im Sommer sehr stark, und diese Wässer sind arm an gelösten Stoffen.

Die gesamte Abflussmenge während der 11 Monate betrug nach der Berechnung des Herrn Delebecque, Ingenieurs zu Thonon, 1 600 000 000 *cbm* in runder Summe; nach den Arbeiten der Herren Spring und Prost über die Wässer der Maas, also nahezu ein Viertel der Abflussmenge der Maas im Jahre 1884. Die Menge des suspendierten Materials betrug im Sommer 611 000 *t*, jene der aufgelösten Stoffe 330 000 *t*, zusammen also nahezu 900 000 *t*.

Im Februar führte der Fluss die geringste Menge, nämlich 7604 *t* gelöster und 122 *t* suspendierter Stoffe. Im August hingegen war der Fluss am thätigsten; er führte dann 51 400 *t* gelöster Stoffe und 221 000 *t* Schwemmmaterial. Obwohl also im Februar auf den Kubikmeter fast die doppelte Menge des im Monate August gelösten Materiales entfällt (siehe oben), so ist der starken Abflussmenge im August halber doch die gesamte Summe des gelösten Materiales in diesem Monate nahezu das Siebenfache von jener im Februar.

Die ausserordentliche Wichtigkeit der Hochwässer für die Ökonomie der reissenden Flüsse wird durch eine Vergleichung der Resultate für Januar und Februar klar, wobei bemerkt werden muss, dass diese Monate in allen übrigen Bedingungen mit Ausnahme des Eintrittes von Hochwasser im ersteren Monate einander gleich gewesen sind.

	Abflussmenge	Gelöste Menge	Suspendiertes Material
Januar . . .	80 770 000 *cbm*	20 661 *t*	26 983 *t*
Februar . . .	24 858 000 *cbm*	7 604 *t*	122 *t*

Vergleicht man diese Resultate mit jenen, welche gleichmässig fliessende Ströme ergeben, so bemerkt man sofort, dass die reissenden Ströme viel wirksamere geologische Faktoren sind. Bei den ersteren übertrifft die gelöste Menge stets die suspendierte, während bei den letzteren das Gegenteil eintreten kann

Die übliche schematische Einteilung des Flusslaufes in Ober-, Mittel- und Unterlauf wird von N. Haase als wenig geeignet kritisiert[1]) und an deren Stelle eine neue Einteilung vorgeschlagen. „Von einer zweckmässigen Einteilung,“ sagt er mit Recht, „muss man verlangen können, dass die einzelnen Abschnitte, welche man macht, in gewisse Beziehung zu den Strömen gebracht werden können, die eine Einteilung ihres Laufes nicht zulassen, d. h. diese müssen sich in bezug auf ihren Lauf unter eine der durch die Einteilung gefundenen Arten von Flussläufen unterbringen lassen. Damit ist aber zugleich auch der Weg gefunden, wie wir zur Einteilung gelangen: wir suchen Anhalt bei den Flüssen, deren Lauf einheitlich ist. Der Lauf dieser zieht sich von der Quelle bis zur Mündung entweder zwischen Bergen oder durch flaches Gebiet hindurch. Wir werden daher sagen, solche Flüsse haben einen Lauf durch bergiges oder durch flaches Land hindurch, oder, indem wir hierfür treffende Worte einführen: die Flüsse mit einheitlichem Laufe sind entweder solche mit Berglauf oder solche mit Flachlauf. Die Beziehung nun in der die Flüsse mit verschiedenartigem Laufe zu den eben genannten stehen, ist die, dass sie bald durch Flachland, bald durch Bergland fliessen. Daher werden wir sagen müssen, ihr Lauf zerfalle in Berglauf und Flachlauf. Diese Einteilung giebt allerdings den Anspruch auf, welchen die in Ober-, Mittel- und Unterlauf machte, nämlich ein allmähliches Zunehmen und Abnehmen der einen oder anderen Faktoren zur Grundlage zu haben. Darum ist sie jedoch nicht schlechter. Denn wie selten sich die wechselvolle Natur ohne weiteres mit jenem Massstabe messen liess, konnte man bald beobachten; die Zerlegung eines nicht einheitlichen Flusslaufes dagegen in Berglauf und Flachlauf besteht jede Probe Was wir Berglauf nennen, was Flachlauf, darüber noch grosse Auseinandersetzungen zu machen, ist wohl nicht nötig: nur das sei gesagt, dass ein Berglauf natürlich auch da zu finden ist, wo ein Fluss zwar eine Ebene durchströmt, aber sein Bett tief in dieselbe eingewühlt ist, wie z. B. das des Colorado. Ansteigende Ufer also, welche zwischen sich und dem Wasserspiegel nur ein schmales Flussbett übrig lassen, werden das charakteristische Merkmal für einen Berglauf sein. Andererseits wird man Flachlauf auch da zu suchen haben, wo der Fluss am Rande einer Ebene dahinströmt, selbst wenn auf der einen Seite das Ufer sich steil erhebt. Man wird mir sofort beistimmen, wenn ich z. B. den

[1]) Peterm. Mitteil. 1891. Nr. 2. p. 49.

Digitized by Google

Donaulauf zwischen Walachei und Bulgarien als Flachlauf bezeichne. Denn dem Flusslaufe ist die Möglichkeit gegeben, wo die flache Ebene auch nur eines seiner Ufer begleitet, sich sein Bett gerade so zu gestalten, wie da, wo beide Ufer Ebenen zu ihren Seiten haben. Während nun die Ober-, Mittel- und Unterläufe, wie sie uns in der beschreibenden Erdkunde begegneten, durchaus nicht immer bestimmte Merkmale an sich trugen, an denen man sie schon äusserlich erkennen konnte, sondern solche ihnen oft nur unter vollständiger Verkennung der thatsächlichsten Verhältnisse zudiktiert wurden, kann man sowohl für Berglauf wie für Flachlauf bestimmte Eigentümlichkeiten als stets wiederkehrend geltend machen. Doch will ich, bevor ich solche anführe, nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass nicht diese wiederkehrenden Eigentümlichkeiten es sind, welche die Einteilung in Berg- und Flachlauf begründen, sondern letztere findet allein in der das Strombett einschliessenden Umgebung ihre Begründung. Der Berglauf ist das Gebiet der Stromschnellen und Wasserfälle; das Wasser fliesst meist geschlossen in schmalem Bette dahin, die Stromgeschwindigkeit ist darum hier meist grösser als in dem vorangegangenen oder nachfolgenden Flachlaufe. Dieser giebt sich gewöhnlich durch ein meist breiteres Strombett zu erkennen, wodurch die Stromgeschwindigkeit sich vermindert, und in Verbindung hiermit ist natürlich die Sedimentführung des Stromes weit schwächer als im Berglaufe. Weiter ist der Flachlauf das Gebiet der Serpentinen und Verästelungen, vielfach umschliessen Flussarme mehr oder weniger ausgedehnte Inseln. Allerdings ist das Inselnumschliessen durchaus kein den Flachlauf kennzeichnendes Merkmal, da sich solche Vorkommnisse, wenn auch ziemlich selten, im Berglaufe gleichfalls finden, wo allerdings meist ganz andere Ursachen dieselben hervorrufen."

Die Schwankungen im Wasserstande der Moldau. Dr. F. Augustin hat die Wasserstandsbewegung der Moldau von 1826—90 untersucht[1]). Obgleich die Wassermenge des Flusses in erster Reihe von der Niederschlagsmenge abhängt, so ist die jahreszeitliche Verteilung der Wasserstände eine andere als die Verteilung des Regenfalles. Den Zusammenstellungen zufolge ist in Prag der Winter die niederschlagärmste, der Sommer die niederschlagreichste Jahreszeit, während der Wasserstand im Frühlinge die höchste und im Herbste die niedrigste Höhe erreicht. Es fallen die extremen Regenhöhen nahe mit den Solstitien, die extremen Wasserstandshöhen nahe mit den Äquinoktien zusammen, so dass dann dem Minimum des Regenfalles das Maximum des Wasserstandes und dem Maximum des Regenfalles das Minimum des Wasserstandes nachfolgt. Diese Erscheinung lässt sich dadurch erklären, dass die Wasserstandshöhen mehr von den Niederschlagsmengen der kalten Jahreszeit abhängig sind,

[1]) Sitzber. d. k. böhm. Gesch. d. Wissensch. 1891. p. 50 ff.

Digitized by Google

wo der Erdboden weniger durchlässig und die Verdunstung geringer ist, als von den Mengen der wärmeren Jahreszeit bei grösserer Durchlässigkeit des Bodens und bei grösserer Verdunstung. Das Flussgebiet der Moldau, dessen Ausdehnung auf 28 137 *qkm* berechnet worden ist, besteht ausschliesslich aus Hügelland und Mittelgebirge, in dem sich während des Winters bedeutende Schneelager bilden, die dann bei ihrem Schmelzen im Frühjahre oder auch schon im Winter dem Flusse viel mehr Wasser liefern als die Regengüsse des Sommers. Der Wasserstand ist während und nach dem Abgange der Schneedecke im Frühlinge am höchsten. Die Niederschläge können dann bei zunehmender Temperatur und Verdunstung, obgleich sie reichlicher fallen als im Winter, den Wasserstand nicht mehr auf derselben Höhe erhalten wie im Winter und Frühjahre. Es findet nach der Schneeschmelze zuerst ein rasches, dann ein langsameres Sinken des Wasserspiegels statt, bis in der relativen Trockenzeit zu Ende des Sommers und Anfang des Herbstes das Minimum erreicht wird. Im Spätherbste beginnt der Fluss wieder zu steigen infolge der Herbstregen, und erhält sich der Wasserstand im nachfolgenden Winter im ganzen auf einer grösseren Höhe als in den vorangehenden Jahreszeiten, weil bei sinkender Temperatur die Verdunstung abgenommen hat, und weil schon öfters Schneefall und infolge des Tauwetters Schneeschmelze erfolgt, die dem Flusse mehr Wasser liefert als die Gussregen während des Sommers. Nach den Zusammenstellungen verteilen sich die niedrigsten Monatsmittel des Wasserstandes ziemlich gleichmässig mit 33% auf die drei Jahreszeiten Sommer, Herbst und Winter. Die höchsten Monatsstände sind dagegen in den Sommermonaten mit nur 10%, in den Wintermonaten mit 27%, in den Frühlingsmonaten mit 60% und in den Herbstmonaten mit 3% aller Fälle vertreten. Die durch Regen verursachten höchsten Monatsstände in den Monaten von Mai bis November bilden nur $^1/_5$ oder 20% aller Fälle.

Die extremen Werte, sowohl des Wasserstandes der Moldau als auch des Regenfalles in Prag fallen übereinstimmend auf nahezu gleiche Zeiten. Die niedrigsten Stände und die kleinsten Regensummen hat das Lustrum 1861—65 und 1866—70, die höchsten Stände und Regensummen das letzte Lustrum 1886—90 aufzuweisen. Dieses gilt nicht nur von den Ständen und Summen des Jahres, sondern auch von denen der Jahreszeiten bis auf den Winter, in welchem die niedrigste Regensumme und der höchste Wasserstand um ein Lustrum früher erscheint. Überhaupt fallen die niedrigsten gemessenen Wasserstände und Niederschlagssummen in eine Trockenzeit, die sich über 20 Jahre, von 1856 bis 1875, erstreckte, und die grössten Wasserstands- und Niederschlagshöhen in eine nasse Zeit, die schon 15 Jahre, 1876—90, dauert und noch nicht abgeschlossen erscheint. Diesen beiden

Digitized by Google

Perioden, welche zusammen 35 Jahre ausmachen, geht eine Trockenzeit während 1831—40 und eine nasse Zeit von 1841 bis 1855 voran. Diese Perioden sind kürzer und haben kleinere Schwankungen des Regenfalles und des Wasserstandes aufzuweisen als die beiden nachfolgenden Perioden. Die trockene Periode dauerte nur 10 Jahre, die nasse nahezu 15 Jahre; beide Perioden zusammen weisen somit eine Dauer von 25 Jahren auf. Die Schwankung des Jahreswasserstandes während dieses Zeitraumes beträgt nur 6 *cm*, die Schwankung der Jahressumme des Regenfalles 13 *mm*. Die positive Abweichung der Regenmenge während 1831—35 wird wohl dem Umstande zuzuschreiben sein, dass die Regenbeobachtungen von 1840 einer anderen Reihe angehören. Es tritt somit in den ausgeglichenen Werten eine Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der säkularen Veränderungen sowohl beim Wasserstande als beim Regenfalle sehr deutlich hervor, selbst in den Werten für die Jahreszeiten Winter und Frühling, die nach den direkten Beobachtungen den unregelmässigsten Verlauf aufzuweisen hat. Es folgen den Perioden mit relativ niedrigen Wasserständen und Niederschlagshöhen ziemlich regelmässig Perioden mit durchschnittlich hohen Wasserständen und grösseren Niederschlagshöhen. An die Trockenperiode 1831—40 reiht sich eine nasse Periode an, während 1841—55 und der langen Trockenperiode 1856—75 folgte eine nasse Periode 1876-90. Die Dauer der ersten Trockenperiode beträgt 10, der zweiten 20 Jahre, die erste nasse Periode hat 15, die zweite bis jetzt 15 Jahre aufzuweisen. Die sich hier kundgebenden säkularen Schwankungen sind weder von gleicher Grösse, noch von gleicher Dauer. Die Entfernung des ersten Minimums im Jahre 1835 vom zweiten Minimum des Jahreswasserstandes im Jahre 1865 betrug nach den ausgeglichenen Mitteln 30 Jahre, die Entfernung der Maxima im Jahre 1850 und 1890 betrug 40 Jahre.

Die hier nachgewiesenen Schwankungen des Wasserstandes der Moldau (und des Regenfalles in Prag) befinden sich in guter Übereinstimmung mit dem Resultate Brückner's.

Über die physikalischen Verhältnisse der Donau hat sich A. Penck verbreitet[1]) in einem Vortrage, der allerdings hauptsächlich auf einer kompilatorischen Verarbeitung des vorhandenen Materials beruht, aber doch durch die Neuberechnung mancher aus den Originalquellen geschöpften Daten ein selbständiges Interesse beanspruchen darf.

Die mancherlei Durchbrüche der Donau, welche deren Lauf auf dem Alpenvorlande begleiten, erscheinen unnötig, da sich unweit von ihnen in der Regel breite Einsenkungen erstrecken, sie mahnen dadurch an Zeiten, in welchen die gegenwärtige

---

[1]) Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse in Wien. **31.** 1. Heft 1891.

Digitized by Google

Gestaltung des Landes noch nicht vorhanden war. „Im grossen und ganzen folgt der Lauf der Donau einer Reihe von Meeresstrassen und Binnenmeeren, welche sich in der jüngeren Tertiärperiode quer durch Südosteuropa erstreckten. Seine Anlage führt sich daher auf jene Zeiten zurück; als die Meere sich zurückzogen, folgte ihnen die Donau. Der Strom ist daher von sehr hohem Alter. Davon zeugt auch seine Fauna. Die Fische, welche sich in ihm tummeln, haben ihre Verwandten im Kaspisee, und sie nahmen von seinen Gewässern Besitz, als das Schwarze Meer noch nicht mit dem Mittelmeere verbunden war und einen zweiten Kaspisee darstellte. Mahnen die zahlreichen Durchbrüche der Donau an längst verschwundene geographische Zustände, so bezeugt ihr Lauf durch die einzelnen Strombecken die nie ruhende und nie rastende Arbeit des Flusses. Sie strömt nicht geradlinig von einem Durchbruche zum anderen, sondern stets bogenförmig gekrümmt. Ihr Lauf erscheint an den Durchbrüchen, wie sich E. Suess ausdrückte, aufgehängt und hängt dazwischen guirlandenförmig herab. Alle diese Bogen des Stromes richten sich nach dessen rechtem Ufer, welche überdies fast ausnahmslos steiler sind als die linken. Dies sieht man unterhalb Wien, unterhalb Pest, unterhalb des Banater Durchbruches, wo man regelmässig ein sehr flaches, sumpfiges Ufer in Rumänien hat, gegenüber welchem das rechte bulgarische steil aufstrebt. Bis zur Mündung hält diese Regel an. Zur Rechten hat hier die Donau unterhalb Tschernawoda die steil abfallende Dobrudscha, während sich links von ihr das Überschwemmungsgebiet erstreckt. Unverkennbar drängt eine Kraft den Fluss allenthalben nach rechts, es ist dies dieselbe Kraft, welche den Wind auf der nördlichen Halbkugel nach rechts ablenkt, nämlich ein Teil der infolge der Axendrehung der Erde sich entwickelnden Fliehkraft. Dieselbe bewirkt auch, dass dort, wo der Fluss sich schlängelt, die rechten Prallstellen tiefer als die linken sind.“

Die Länge des Donaulaufes lässt sich heute noch nicht genau angeben. Penck beziffert sie auf 2900 *km* und ihr Entwässerungsgebiet auf 816 947 *qkm*. Der Umstand, dass die Donau ihre Quelle ausserhalb der Alpen besitzt, hat bisweilen zur Behauptung geführt, der eigentliche Quellfluss des Stromes sei der Inn. „Dieser ist zwar kürzer als sie, er hat nur 432 *km* durchlaufen, und er entwässert nur ein Gebiet, halb so gross als bislang der Donau unterthan war, aber dieses liegt in den regenreichen Alpen und trägt eine ausgedehnte Vergletscherung, die im Sommer seine Wasser schwellen macht, und so kommt er nahe Passau mit der Donau zusammen, gleich mächtig wie diese ausschauend, und wer am Zusammenflusse beider Ströme gestanden hat, wird nicht leicht wissen, welchem von beiden er den ersten Rang zuerkennen soll. Im Sommer scheint der lichte Inn das dunklere Donauwasser zu verdrängen, im Winter waltet das Gegenteil ob; gespannt blickt man auf das Ergebnis der Mes-

Digitized by Google

sung, und diese lehrt, dass der Inn durchschnittlich 44 *cbm* Wasser in der Sekunde weniger als die Donau, nämlich nur 686 *cbm*, führt. Die Donau ist also der grössere Fluss, der Herrscher eines grösseren Gebietes und der wasserreichere von beiden, er verdient mit Recht den Namen, den er führt."

„Wie beim Rheine ist auch bei der Donau das hydrologische Sommerhalbjahr, nämlich die Zeit vom 1. Mai bis 1. Oktober, die wasserreiche Periode. Von den 52 *ckm* Wasser, welche von 1879–84 jährlich der Donau bei Wien zukamen, flossen 28.6 *ckm* (55%) im Sommer und der Rest von 23.4 *ckm* im Winterhalbjahre. Wie alle Alpenströme hat die Donau gerade während der drei heissesten Monate, Juni, Juli und August, die reichste Wasserführung, nämlich 17.1 *ckm*, während die drei Monate Februar, März und April nur 10.9 *ckm* zum Ergusse brachten."

Für die Jahre 1879—84 kann man die Summe der schwebenden Bestandteile des Donauwassers auf 5.4 Millionen metrischer Tonnen, die gelösten auf 8.9 Millionen Tonnen veranschlagen, so dass sich im Mittel eine Last von 14.3 Millionen Tonnen im Jahre ergiebt. „Dieses Gewicht stellt das Volumen von 5.7 Millionen Kubikmetern dar. Auf das Einzugsgebiet der Donau verteilt, ergiebt sich, dass von je einem Quadratkilometer des Donaugebietes oberhalb Wien 56 *cbm* Gestein fortgeführt werden, d. h. es wird jährlich eine 0.56 *mm* dicke Schicht Landes abgetragen, denudiert. In 18000 Jahren wird daher durch die in der Donau schwebenden oder gelösten Bestandteile die Landoberfläche oberhalb Wien um 1 *m* erniedrigt."

Das geringe Gefälle der Donau und noch mehr jenes der Theiss im pannonischen Tieflande leitet zu der Anschauung, in letzterem ein altes Seebecken zu erblicken, das durch die ungarischen Flüsse allmählich eingetrocknet ist, und in welches die Donau bis Gyönyi oberhalb Komorn einen grossen flachen Schuttkegel hineingebaut hat. „Unzweifelhaft ist nun in der That das pannonische Tiefland früher einmal während der jüngeren Tertiärperiode ein Meer und später ein See gewesen, aber erst in jüngster Zeit hat man die Zusammensetzung seines Bodens näher kennen gelernt. Es wurden in Alföld, um artesische Brunnen herzustellen, Bohrlöcher auf grosse Tiefen herabgebracht, so bei Szentes, so bei Hód-Mezö-Vásárhely. Diese nun aber zeigen, dass die Bildungen des früheren Meeres und des früheren tertiären Binnensees sehr tief unter der Ebene des Alföld gelegen sind. Bis 200 *m* Tiefe herab, bis 120 *m* unter das Meeresniveau, finden sich diluviale Schichten, bestehend aus denselben lehmigen und sandigen Bildungen, die heute noch von der Theiss und ihren Nebenflüssen angeschwemmt werden, mit Kohlenbröckchen und namentlich mit Resten von Landschnecken. Hieraus wird klar, dass die Einebnung des pannonischen Beckens den Flüssen allein zu danken ist, dass diese Schicht auf Schicht

Digitized by Google

aufbauten. Diesen mächtigen fluviatilen Sedimenten steht nun die Thatsache gegenüber, dass heute die Donau bei ihrem Durchbruche durch das Banater Gebirge an mehreren Stellen Felsenriffe blosslegt, die sie noch nicht zu durchschneiden vermochte. Das oberste dieser Riffe, jenes der Schnellen von Stenka, erhebt sich auf 57.5 *m* Meereshöhe. Es liegt also das heutige Donaubett im Banater Gebirge rund 180 *m* höher als die Sohle der alten Flussanschwemmungen in Alföld. Dies Verhältnis weist bestimmt darauf hin, dass, seitdem die Flüsse an der Zuschüttung des pannonischen Beckens arbeiten, die Erdkruste Bewegungen erlitten hat, durch welche grosse Flächen des Gebietes der mittleren Donau unter das Niveau des Bereiches der Donau im Banater Gebirge und der Wallachei gesenkt worden sind. Es ist das pannonische Becken ein grossartiges Senkungsfeld, dessen Einsenkung so rasch erfolgte, dass die Flüsse durch ihre Sedimente gerade noch das entstehende Loch der Erdoberfläche auszugleichen vermochten, und dessen Einbruch heute höchst wahrscheinlich noch fortdauert. Hierdurch ist der Donau und ihren Nebenflüssen ihr Verhalten im pannonischen Becken auf das bestimmteste vorgeschrieben: sie haben die durch den Einbruch entstehende Einsenkung zu verschütten; sie können ihr Bett nicht vertiefen, sondern müssen dasselbe verschieben, ihre Hochwasser können sich über ihre niedrigen Ufer meilenweit verbreiten. Der natürliche Zustand der Donau und ihrer grösseren Nebenflüsse im pannonischen Becken ist der grossartiger Verwilderung. In der That wird derselbe allenthalben angetroffen. Gleich beim Eintritte in die oberungarische Tiefebene teilt sich die Donau, einen Arm sendet sie zur Waag, einen anderen zur Raab, so dass die beiden grossen Schüttinseln entstehen. Ein zweites Mal gabelt sich die Donau schon in ihrem Durchbruche zwischen der ober- und niederungarischen Tiefebene, die St. Andräinsel bildend. Eine dritte Gabelung fand unterhalb Pest statt, doch ist nunmehr der eine der beiden Arme, der östliche, durch Schleussen abgesperrt und so die lange Csepelinsel landfest gemacht worden. Eine vierte grosse Insel ist die von Mohacs; ferner zeigt der Franzenkanal einen ehemaligen Donauarm an, durch welchen die Bdeska umflossen wurde. Eine weitere Insel kommt oberhalb Pancsova dadurch zustande, dass die Donau einen Arm, den Dunavac, zur Temes sendet, und bevor sie in das Banater Gebirge tritt, umschlingt sie die Inseln Ostrovo, Kisiljevo und Moldava. Weit vom Strome entfernt begegnet man ferner allenthalben Uferrändern, und in seiner Nachbarschaft, so vor allem an der Theiss und Save, trifft man auf halbmondförmig gekrümmte tote Arme. Wiewohl die gewöhnliche Breite des Donaubettes in Ungarn sich von 300 *m* auf über 800 *m* im Mittel steigert, so finden die Hochwässer darin nicht Platz, sondern verbreiten sich viele Kilometer weit vom Strome, und in der oberungarischen Ebene könnte die

Digitized by Google

Donau bei Hochfluten stellenweise 73 *km* breit werden. Grosse Sümpfe, zu Zeiten des Hochwassers als Seen erscheinend, liegen längs aller grösseren Flüsse Ungarns. Es wird deren Überschwemmungsgebiet auf 30 000 *qkm* geschätzt.

Durch Anlegung von Deichen und Dämmen sind bis 1887 volle 21 900 *qkm* den Überschwemmungen des Stromes und seiner Nebenflüsse entrissen worden, allein das Hochwasser, welches nunmehr eingeengt ist, ersetzt durch Höhe, was ihm an Verbreitungsgebiet geraubt ist. „Die Überschwemmungsgefahr steigert sich aber nicht bloss, je mehr das Überschwemmungsgebiet durch Deiche eingeengt wird, sondern auch dadurch, dass die Flüsse, welche früher bei Hochwasser ihre Sinkstoffe weit verbreiten konnten, diese nunmehr in ihrem Bette und Überschwemmungsgebiete ablagern. Dadurch erhöhen sie ihren Lauf. Dies ist an der Theiss in der Gegend von Szegedin bereits zu konstatieren, während weiter oberhalb gleiches noch nicht sichersteht. So wird das ohnehin minimale Gefälle der Theiss noch gemindert, und die Betterhöhung bei Szegedin bedeutet nicht nur eine Gefährdung der unmittelbar angrenzenden Ufer, sondern auch aller oberhalb gelegenen Orte. Unter solchen Verhältnissen kann es nicht Wunder nehmen, wenn seit einem Jahrzehnte die Überschwemmungsgefahr in Ungarn den Gegenstand anhaltender Erörterung bildet, und wenn die mannigfaltigsten Vorschläge zur Rettung Ungarns vor Überschwemmungen gemacht worden sind“.

Stefanović v. Vilovo und Lanfranerin haben gezeigt, dass nur in einer Regulierung des Durchbruches der Donau durch das Banater Gebirge die Möglichkeit gegeben ist, Ungarn endgültig vor den Überschwemmungen zu sichern. Die gesamte Wassermenge, welche die Donau von 1862—71 in das Schwarze Meer führte, beziffert sich auf den von der internationalen Kommission für die Regulierung der Donaumündung angestellten Untersuchungen auf 5850 *cbm* pro Sekunde. Doch finden in den einzelnen Jahren sehr grosse Schwankungen statt, zwischen 2000 *cbm* und bei Hochwasser 28 300 *cbm* pro Sekunde. „Diese Hochwässer sind vielfach durch heftige Regengüsse in Rumänien bedingt und sind besonders reich an Schlamm. Sie enthalten im Liter bis über 2 *g*, während bei Niederwasser gelegentlich nur 0.014 *g* Schlamm im Liter Wasser angetroffen wurden. Im Jahresdurchschnitte beläuft sich die Schlammmasse auf 0.37 *g* im Liter, so dass also während der 10 Jahre 1062—71 sekundlich 2164 *kg* Schlamm, jährlich 69 Millionen Tonnen Gesteinpulver dem Meere zugeführt werden. Letzteres Gewicht entspricht einem Volumen von 27.6 Millionen Kubikmetern, d. h. einer Gesteinschicht entsprechend von 0.0338 *mm* Höhe und von der Ausdehnung des ganzen Donaugebietes.

Wo sich die Wasser der Donau ins Meer ergiessen, fallen ihre Sinkstoffe nieder, was sich überall bei der Mischung von

trübem Süsswasser mit Meerwasser ereignet, und so kommen dann durchschnittlich jährlich hier 27.6 Millionen Kubikmeter Schlamm zur Ablagerung. „Dadurch entsteht vor der Donaumündung eine Barre von Schlamm, deren Wachstum überdies durch die südlich verlaufende Küstenströmung gefördert wird. Diese Barre ist namentlich vor der Kiliamündung entwickelt und reicht hier durchschnittlich bis 1.2 *m* unter das Meeresniveau. Da die Kilia diesen Damm nicht durchbrechen kann, muss sie über ihn hinwegfliessen, wobei sie sich in acht einzelne Arme auflöst. Durch die von ihr mitgebrachten Sinkstoffe ist in dem Vierteljahrhundert 1830 bis 1856 das Delta um durchschnittlich 1 *km* in das Meer hinausgebaut. Weniger hoch ist die Barre vor der Sulina- und St. Georgsmündung, wo man Meerestiefen von 2.7, bezw. 3.8 *m* findet. Aber es hat sich gezeigt, dass die Tiefen der Barren hier nicht bloss wegen des wechselnden Standes des Meeres, sondern namentlich auch vermöge plötzlicher Überschwemmungen sich oft in kurzer Zeit ändern. Durch diese Barren ist der grosse mächtige Strom den Seefahrzeugen lange Zeit verschlossen gewesen, bis durch die Thätigkeit einer europäischen Kommission ihnen ein genügend tiefer Weg zum Meere künstlich geschaffen wurde. Dieser Weg knüpfte sich naturgemässer Weise an den Donauarm, vor welchem die kleinste Barre lagert. In dieser Hinsicht kommen Sulina- und St. Georgsmündung wohl gleich in betracht, aber als Strom bildet die kürzere Sulina eine bessere, namentlich weniger gewundene Schiffahrtsstrasse. Überdies, als der wasserärmste Donauarm, führt sie dem Meere auch die geringste Schlammmasse zu, so dass das Wachstum der Barre hier am langsamsten ist. Freilich ist die Sulina von Haus aus seicht und bei Minimaltiefen von 2.4 *m* für grössere Fahrzeuge unpassierbar. Durch eine unter der Leitung des Engländers Hartley ausgeführte sorgfältige Regulierung und Baggerung ist die Sulina schon 1883 auf 6.25 *m* Tiefe gebracht worden und dies nur mit einem Kostenaufwande von 7 500 000 Franks. An der Mündung aber wird ihr Wasser zwischen zwei Dämmen in grössere Tiefen geleitet, wo die Sinkstoffe nicht schädlich anwachsen. Seitdem ist der Schiffsverkehr auf der unteren Donau auf mehr als das Doppelte gewachsen.

Die Eisverhältnisse der Donau in Bayern und Österreich während der Zeit von 1850 bis 1890 sind Gegenstand einer Untersuchung von A. Swarowsky gewesen [1]). Das Flusseis lässt sich in zwei Arten unterscheiden: Oberflächen- und Grundeis. Ersteres, auch Ufer- oder Randeis genannt, ist durchsichtig, entsteht an ruhigen Stellen, hauptsächlich an seichten Punkten, und bildet anfangs dünne Schalen über den ruhigen Teil des Flussspiegels, die bis zu Dezimeter dicken Platten anwachsen.

[1]) Arbeiten des geogr. Institutes der k. k. Universität Wien. — Penk's geogr. Abhandlgn. 5. Heft 1.

Digitized by Google

Eine grosse Rolle spielt es bei den meisten kleineren Gewässern, deren ganzer Flussspiegel sich mit Ufereis überzieht.

Das Grundeis setzt sich an der Flusssohle fest, seine Entstehungsweise ist von Arago erklärt worden, doch noch etwas zweifelhaft; es besitzt ein eigenes schwammartiges Aussehen; trotzdem es nicht direkt an der Luft entsteht und daher auch nicht in dem Masse Luftblasen einschliesst, wie das Randeis, ist es doch spezifisch leichter als das Wasser. Es bildet sich bei genügender Kälte rasch und in bedeutender Menge, so dass im Rheine bisweilen 2 *m* mächtige Grundschichten beobachtet wurden; ähnliche Wahrnehmungen teilt Arago für die Aare mit. Gewöhnlich werden aber die einzelnen Partien des Grundeises, ohne eine bedeutende Grösse erreicht zu haben, durch den Auftrieb und durch die Stosskraft des Flusses von der Sohle abgerissen und erscheinen an der Oberfläche, wo sie durch ihren Schlamm- und Sandgehalt leicht kenntlich sind. Der Auftrieb übt bisweilen eine so grosse Wirkung, dass mit dem aufsteigenden Grundeise auch Anker mit Ketten und sonstige Gegenstände von der Flusssohle gehoben wurden. Durch den wiederholten Bildungs- und Abreissungsprozess an besonders günstigen Stellen können Eismengen erzeugt werden, wie sie auf stehenden Gewässern in solcher Quantität gar nicht zustande kommen

Bei anhaltend tiefen Temperaturen nehmen die vorüberziehenden Eismassen eine immer grössere Fläche der Strombreite ein, wobei sich die Abflussgeschwindigkeit zusehends mindert. Auch der Wasserstand sinkt mehr und mehr, weil im Einzugsgebiete nicht nur keine grössere Speisung der Quellen erfolgt, sondern das gelieferte Wasserquantum in den verschiedenen Zuflüssen sich ebenfalls in Eis verwandelt und zurückgehalten wird. Wenn endlich die Treibeismengen die ganze Strombreite einnehmen, dann erfolgt eine Stockung in den sich bewegenden Massen, der Eisstoss ist eingetreten.

Was nun speziell die Donau anbetrifft, so giebt es auf der Strecke Neustadt-Linz kein einziges Jahr ohne Eisbildungen. Im 40-jährigen Mittel erscheint das früheste Treibeis in Donaugau, Station Deggendorf, am 14. Dezember, das späteste an der oberen Donau bei Kehlheim am 24. und 25. Dezember, die grössere Geschwindigkeit der Strömung scheint hier die Eisbildung zu verzögern. Auf den bayerischen Nebenflüssen zeigen die Datumunterschiede für Eintritt des Treibeises eine weit grössere Mannigfaltigkeit und Unterschiede bis zu einem Monate. Der letzte Termin für das Treibeis erscheint oft dadurch hinausgeschoben, dass zu verhältnismässig später Zeit der Eisstoss aufgelöst wird; am frühesten hört letzterer auf zu Neu-Ulm, nämlich am 6. Febr., am spätesten zu Deggendorf, am 18. Februar. Die Dauer der Eisbedeckung ist am unteren Ende der grösseren Becken, nämlich bei Donauwörth, Deggendorf und Hainburg grösser als an

den oberen Partien derselben, bei Deggendorf beträgt sie 40 Tage. Von den Nebenflüssen zeigt der Inn in der Rosenheimer Thalweitung die längste Dauer mit 31 Tagen. Eine Periodizität in der Dauer der Eisbildungen tritt nicht klar hervor. Die Winter 1836—50 zeigen eine vermehrte Eisbildung, sind also zu kalt, 1851—70 halten sich kalte und warme Winter ziemlich die Wage, die Periode 1871—85 ist in der Hauptsache kalt. Diese Ergebnisse widersprechen wenigstens nicht den Brückner'schen Resultaten über kalte und warme Perioden. Was schliesslich die Wasserstandsverhältnisse auf der österreichischen Donaustrecke betrifft, so zeigt sich als Hauptregel, dass die Wasserstandskurve der Temperaturkurve folgt, sich aber um einige Tage verspätet. Steigt die Temperatur, so hebt sich bald darauf der Wasserstand, und sinkt die Temperatur, so mindert sich derselbe. In der Fortdauer vor der Treibeisperiode sinkt der Wasserstand täglich mehr als 1 *dm*; daher tritt das erste Treibeis gewöhnlich bei Niederwasser ein. Während des Eistriebes verringert sich die Wassermenge konstant weiter. Erst bei Eintritt des Stosses erfolgt eine lokale Stauung, die im niederösterreichischen Stossgebiete an allen Stationen mehr als 2 *m* beträgt. Auf der ganzen Strecke, an welcher der Stoss steht, herrscht hoher Wasserstand, der durch das enge Abflussprofil unter dem Eise bedingt ist. Momentan steigert sich derselbe noch beträchtlich, sobald der Stoss in Bewegung kommt. Das folgende Hochwasser geht, wenn nicht anhaltendes Tauwetter hinzutritt, rasch zurück. Aber sein Einfluss auf die Gestaltung des Flussbettes ist von Bedeutung; denn die grosse Stosskraft desselben äussert sich in mannigfachen Veränderungen der Flusssohle. Niederwasser arbeitet infolge der geringen Wassergeschwindigkeit nur wenig an der Ausgestaltung des Bettes.

Die Quelle der Wolga. Ritter hielt den Wolgasee für den Quellsee der Wolga. Ragosin hielt die Runa für den Quellfluss, und auch der Penosee, Seliger oder Werchitsee werden als Quellflüsse angesehen. C. Hahn in Tiflis sagt nun in einem Aufsatze: „Die Wolga", dass auf der Südwestseite der Waldaihöhe im Bezirke Otschakow unter 57° 10′ nördl. Br. ein grosser Sumpf in etwa 95 Saschen Höhe über dem Baltischen Meere liege. Dort in der Nähe des Dorfes Wolguw-Werchowik steht über einem in Holz gefassten Brunnen eine Kapelle, und da ist die Wolgaquelle. Der Abfluss dieses Brunnens ergiesst sich in den kleinen Werchitsee, dann in den grossen Werchitsee, geht durch den Storchsee, den Doppelsee Owselug und Peno und ergiesst sich, 85 Werst vom Ursprunge entfernt, in den Wolgasee[1]).

Die Wasserstände des Niles in Egypten sind von Ch. Grad studiert worden[2]). Er giebt folgende Jahreszahlen für

[1]) Ausland **63.** Nr. 47.
[2]) Bull. Soc. Géogr. Paris 1889. **10.** p. 372.

Digitized by Google

die höchsten Wasserstände 1733—1798 nach den Angaben des Nilmessers auf der Insel Rôda: 1734, 1736, 1741, 1743, 1747, 1779, 1752, 1753, 1754, 1761, 1776. Sehr niedrige Stände brachten die Jahre: 1733, 1758, 1764, 1769, 7779, 1780, 1781, 1782, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1797. Inzwischen macht Grad die sehr zutreffende Bemerkung, dass man Untersuchungen über die Nilwasserstände besser auf Beobachtungen zu Assuan gründen solle, welche das wirklich nach Egypten gelangende Quantum des Nilwassers ergeben würden, während bei Kairo der Strom schon sehr viel Wasser abgegeben hat, und ausserdem die Wasserstände dort durch das grosse Stauwerk an der Deltaspitze beeinflusst werden.

Über das Problem des Isonzo- und Natisonelaufes hat sich E. Brückner verbreitet[1]). Im Jahre 1867 stellte von Kandler aus historischen Gründen die Hypothese auf, der Isonzo sei im Altertume über Karfreit und Staraselo zum Natisone und durch dessen Thal zum Meere abgeflossen. Das untere Thal des Isonzo von St. Lucia an sei nur vom Idriaflusse benutzt worden, und zwischen diesem und dem Isonzo bei Karfreit habe eine Wasserscheide bestanden. Im Jahre 586 oder 587 sei dann ein Bergsturz zwischen Robic und Staraselo niedergegangen, habe den Isonzo zu einem See aufgedämmt, der nun über die Wasserscheide nach Südosten gegen Tolmein und St Lucia und in den Idriafluss einen Abfluss erhalten habe. Später stützte von Czörnig diese Hypothese mit der Autorität seines Namens, so dass sie z. B. auch in Supan's Lehrbuch der physischen Erdkunde und in Berghaus' physikalischen Handatlas überging. Gumprecht ist der erste gewesen, der sich in seiner Dissertation gegen dieselbe wandte[2]). Er suchte sie in der Weise zu widerlegen, dass er den Zusammenhang zwischen Isonzo und Natisone für die postglaciale Zeit als unmöglich erklärte. Denn die Wasserscheide von Robic werde von Moränen gebildet, auf welche sich der Bergsturz von Robic nur ganz oberflächlich auflege. So sehr Prof. Brückner Gumprecht beipflichtet, wenn er die Hypothese von v. Kandler und v. Czörnig für unhaltbar erklärt, so sind doch die Argumente, mit denen er dieselbe zu widerlegen sucht, nach seiner Ansicht zum Teile nicht stichhaltig. „Der grösste Teil der von ihm als diluviale, präglaciale Nagelfluh gedeuteten Vorkommnisse ist postglacial, und viele der von ihm als Moränen und Blocklehm angesprochenen Bildungen sind Bergsturzmassen, so vor allem seine Moränen oder sein Blocklehm bei Robic, der die Wasserscheide zwischen Natisone und Isonzo bildet."

Die Wasserscheide zwischen Isonzo und Natisone wird heute ausschliesslich von Bergschutt gebildet, einem grossen Bergsturze

[1]) Jahresber. der Geogr. Gesellschaft von Bern 10. Separatabdruck p. 7.
[2]) Schon früher, aber nur in gelegentlichen Bemerkungen, Taramelli.

des Monte Matajur. Dieser Bergsturz erfolgte nicht auf einmal, sondern mindestens in zwei Fällen. Die Trümmermassen des jüngeren dieser Bergstürze, der als solcher seit langer Zeit bekannt und jüngst von Gumprecht in seinem Umfange genau festgestellt ist, liegen noch unbedeckt von Vegetation da, als seien sie vor kurzem erst gefallen. Im Gegensatze hierzu sind die älteren Bergsturzmassen, welche als Hauptträger der Wasserscheide erscheinen, alle mehr oder minder übergrast. Gumprecht bezeichnet sie, da in ihnen Blöcke in Schutt und Lehm liegen, als Blocklehm und hält sie für eine Gletscherbildung. Es kann jedoch, nach Brückner, nicht der geringste Zweifel darüber bestehen, dass man es hier nur mit Bergsturzmassen zu thun hat. Diese Massen reichen sogar etwas an dem nördlichen Thalgehänge in die Höhe, und erst bei 275 *m* Seehöhe, d. h. 25 *m* über dem tiefsten Punkte der Wasserscheide stösst man auf Moränen.

„Der Natisone fliesst heute etwa 5 *m* unter der auf diesen Bergsturzmassen in 250 *m* Höhe gelegenen Wasserscheide, der Isonzo bei Karfreit dagegen volle 50 *m*. Es bedarf also nur einer Erhöhung der Sohle des Natisone um 5 *m*, um ihn zu einem Nebenflusse des Isonzo zu degradieren, dagegen einer Erhöhung der Sohle des Isonzo um mindestens 50 *m*, um ihn in das Natisonethal abzuleiten. Der letztere Fall ist heute überhaupt ausgeschlossen. Bis Tolmein ist das Isonzothal zu breit, als dass selbst ein sehr grosser Bergsturz dasselbe absperren könnte, und unterhalb Tolmein ist es viel zu tief. Dagegen könnte der erstere Fall wohl eintreten, sobald nur die ausserordentlich steilen Schuttkegel in der Natisoneschlucht unterhalb Robic zwischen Monte Mia und Monte Matajur anwachsen. Am Natisone herrscht heute bei Robic Akkumulation. Eine weisse, breite Kiesebene dehnt sich am Flusse aus, in welche die Felsen meist ohne Schutthalden senkrecht abstürzen. Die Ursache dieser Akkumulation liegt in acht gewaltigen Schuttkegeln, welche sich weiter unterhalb in der Nachbarschaft der österreichisch-italienischen Grenze von Osten und von Westen dem Flusse zu senken und denselben einengen, und deren Front fortwährend vom Flusse benagt wird.

Die Kante der acht Schuttkegel liegt über oder im Niveau des Natisone bei Robic. Die Schuttkegel selbst aber sind im Wachsen begriffen, wie die Verschüttungen der Strasse lehren. Es braucht nur eine einzige sehr bedeutende Muhre einzutreten, die Erosionsschlucht des Natisone in den Schuttmassen zu verstopfen und dadurch den Fluss thalaufwärts in 250 *m* Meereshöhe zu einem See aufzustauen, so sind die Bedingungen zu einem Überfliessen des Natisone nach Osten zum Isonzo gegeben. Das Werk einer grossen Muhre können aber auch viele kleine besorgen, die das Flussniveau und die Flusssohle durch Akkumulation allmählich erhöhen. Der Natisone befindet sich gleichsam in einer Zwickmühle: verstopfen die Schuttmassen das Natisone-

Digitized by Google

thal, so wendet er sich über Robic dem Isonzo zu, und fällt dann später vielleicht vom Monte Matajur wieder ein Bergsturz bei Robic, so schlägt er seinen Weg wieder über die Schuttmassen im Engthal nach Süden ein. Ein solches Wechseln des Natisonelaufes mag in vorhistorischer Zeit stattgefunden haben. Zur Zeit der Römer aber lagen die Verhältnisse so wie heute; weder floss der Natisone zum Isonzo bei Karfreit, noch der Isonzo zum Natisone bei Robic. Das beweisen, wie Gumprecht mit Recht betont, die Römerfunde im Thale zwischen Robic und Karfreit, einerseits das Gräberfeld bei Karfreit, andererseits der römische Steinboden bei Robic. Wir müssen aus ihrer Lage mitten auf der Thalsohle schliessen, dass die letztere sich nicht tiefer befand als heute, dass sie sich also seit der Römerzeit nicht wesentlich verändert hat. Eine solche Veränderung aber hätte eintreten müssen, wenn die hydrographischen Verhältnisse einen durchgreifenden Wandel erfahren hätten. In dem Momente, in welchem die Konstanz der Flussläufe seit der Römerzeit dargethan ist, fällt auch der einzige positive Beweis, welchen v. Kandler und v. Czörnig für ihre Hypothese eines einstigen Zusammenhanges des Isonzo mit dem Natisone geltend machten, die Gewohnheit der Römer, ihre Strassen immer denselben Fluss entlang zu führen, soweit dies anging. Sie haben eben in diesem Falle ihre Gepflogenheit verlassen, als sie, statt am Isonzo abwärts zu gehen, die niedrige Wasserscheide von Robic überschritten und weiter dem Natisone folgten. Grund genug lag hierfür vor; dieser Weg von Aquileja nach dem Predil war um volle 14 *km* kürzer als der andere durch das untere Isonzothal; vor allem aber war er viel bequemer. Schwierigkeiten bot er nur auf einer Strecke von 9 *km* zwischen Pulfero und Robic in der Natisoneschlucht, die Passage am Isonzo dagegen auf einer Strecke von 30 *km* im schluchtartigen Thale zwischen Salcano und St. Lucia.“

Über den jetzigen Zustand der Adelsberger Höhle berichtet auf Grund eigener Nachforschungen F. Kraus[1]). „Wer,“ sagt er, „die Adelsberger Grotte nur aus den Plänen in den Reisewerken kennt, der wird erstaunt sein, zu vernehmen, dass sich die Zahl der Gänge zu einem förmlichen Labyrinthe vermehrt hat. Schon bei der Schwinde des Poikflusses wurde eine Gabelung aufgefunden, durch welche ein Teil des Poikwassers sich in bisher noch unbekannte Räume verliert. Wo die Wiedervereinigung stattfindet, das zu erforschen, wird eine Aufgabe jener rührigen Pioniere sein, denen die bisherigen grossartigen Entdeckungen zu danken sind. Gegenwärtig kennt man die Stelle noch nicht und ebensowenig jene, an welcher der Schwarzbach (cerni potok) sich unterirdisch in die Poik ergiesst. Desgleichen ist der weitere Verlauf des Höhlenflusses stromabwärts von der

[1]) Petermann's Mitteilungen 1891. p. 20 u. ff.

Ottokergrotte noch unerforscht. Der Richtung nach dürfte die Poik entweder zur Poikhöhle (poika jama) oder zur Magdalenagrotte (cerna jama) ihren Lauf nehmen. In diesen beiden Höhlen trifft man auf fliessendes Wasser, und sie liegen so nahe bei einander, dass man den Hauptarm in einer derselben suchen muss. Nachdem aber der Hauptarm östlich vom Nebenarme, und die Magdalenagrotte ebenfalls östlich von der Poikhöhle liegt, so ist eine Verbindung des Hauptarmes mit ersterer wahrscheinlich. Hätte man bei den früheren Erforschungen die Existenz der Gabelung gekannt, so wäre viel Mühe erspart worden, und das Schwergewicht wäre auf die Magdalenagrotte anstatt auf die Poikhöhle gelegt worden[1]).

Das wird nun nachgeholt werden müssen. Gelingt es aber, auch die Verbindung der Magdalenagrotte mit der Adelsberger aufzufinden, dann ist das Adelsberger Grottenrevier das grösste Höhlenrevier von Österreich, denn seine Ausdehnung würde dann über 10 *km* betragen. Derzeit gilt die Baradla- oder Agteleker-Höhle mit ihrer Längenerstreckung von 8700 *m* als die grösste Höhle von Österreich-Ungarn, sie dürfte aber von der Adelsberger Grotte bald überflügelt werden, wenn die Entdeckungen in derselben das bisherige Tempo einhalten. Nun einmal die Spur gefunden ist, werden weitere Entdeckungen leicht zu machen sein. Momentan haben sie jedoch eine wesentliche Erschwerung in dem Umstande, dass die Erreichung des bisherigen Endpunktes bereits eine dreistündige anstrengende Arbeit erfordert, und der Rückweg ebensoviel. Der jetzige Endpunkt liegt, wie erwähnt, in der Ottokergrotte, und es wäre ein leichtes, von dort aus weitere Forschungen anzustellen, wenn die ländlichen Besitzer dies gestatten würden. Schon aus den Nachrichten der Tagesblätter über die ersten Entdeckungsfahrten war der Antagonismus ersichtlich, der zwischen den Ottokern und den Adelsbergern hervorgerufen worden war. Kein Adelsberger durfte selbst gegen Erlegung der Eintrittsgebühr die Ottokergrotte betreten, und trotzdem sich mittlerweile die Gemüter etwas beruhigt haben, so ist es noch heute unwahrscheinlich, dass die Errichtung einer Ausrüstungsstation in der Ottokergrotte gestattet werde, solange sie in der Verwaltung der Ottoker Bauern sich befindet. Das muss aber anders werden, denn eine getrennte Verwaltung der beiden Grotten, die eigentlich nur eine einzige sind, ist unmöglich aufrecht zu erhalten, weil eine Absperrvorrichtung in der verbindenden Wasserhöhle technisch unausführbar ist. Es giebt kein Gitter, welches dem ungeheuren Wasserdrucke widerstehen würde, und wenn

[1]) Nach einer neuesten Version wird die Fortsetzung des Poikflusses in der Höhle im Magdalena-lunge gesucht, von wo aus die Entdeckung der Ottokergrotte erfolgt sein soll. Das wäre also westlich von der Poikhöhle.

Digitized by Google

man selbst mit enormen Kosten ein solches aufstellen könnte, so liefe man Gefahr, dass sich an demselben alle Einschwemmungen festsetzen und den offenen Querschnitt so bedeutend verengen würden, dass ein Rückstau entstände, der das ganze Adelsberger Thal in einen See verwandeln würde. Die Sicherheit des Adelsberger Thales beruht ja einzig und allein in der bedeutenden Aufnahmsfähigkeit der Adelsberger Grotte, welche auch die grössten Hochwassermengen zu verschlingen vermag. Nur höchst selten füllen sich die Niederungen vor der Grotte mit Wasser; aber auch diese kleinen Überschwemmungen schwinden zumeist schon nach 24 Stunden. Die Ursache dieser Wasseraustritte liegt zwischen der Mündung und dem grossen Dome. Sie besteht in einem Syphon, der Menschen den Zutritt zur Grotte verwehrt, der aber auch dem Abflusse des Wassers einen Widerstand bietet und ihn dadurch verlangsamt. Vor Jahren muss dieser Teil der Wasserhöhle anders ausgesehen haben, weil Hacquet sonst nicht durch die Wasserhöhle den grossen Dom hätte erreichen können. Die Verfolgung der Wasserhöhle vom Thalrande aus ist seit Hacquet vielleicht nie wieder versucht worden, und es war den rührigen Forschern aus Adelsberg vorbehalten, das Geheimnis dieser schwer erreichbaren Räume zu enträtseln. Dr. Adolf Schmidl, der berühmte Höhlenforscher, gesteht in seinem bekannten Werke[1]) selbst ein, dass er diesen Teil der Wasserhöhle nicht kenne, und beruft sich auf Hacquet als einzigen Gewährsmann bei seiner Beschreibung. Er bezweifelt auch die Bemerkung Fellinger's in seinem Gedichte über die Adelsberger Grotte, dass die Poik Wasser zu verlieren scheine, und doch ist dies richtig, wenn man die Stelle dahin deutet, dass in den grossen Dom weniger Wasser gelangt, als bei der nahen Mündung in dieselbe hineinfliesst, denn zwischen diesen beiden Punkten teilt sich, wie bereits erwähnt, der Poikfluss in zwei Arme, deren östlicher den grossen Dom durchfliesst, während der westliche sich ziemlich parallel mit der alten Grotte in noch unbekannte Räume verliert. Ein Blick auf die dem Werke von Schmidl beigegebene Karte der Adelsberger Grotte zeigt auch die Ursache, warum er gelegentlich seines Versuches, die Wasserhöhle zu erforschen, nicht weiter vorzudringen vermochte. Es ist nämlich ohne genügende Mannschaft nicht möglich, das Boot über die Absätze des aufsteigenden Seitenganges zu schaffen, um das dortige Wasserbassin zu übersetzen[2]).

Die wiederholten Expeditionen im Jahre 1890 waren stets durch grössere Gesellschaften ausgeführt worden, und das be-

---

[1]) „Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina u. Laas" (Wien, W. Braumüller, 1854. Herausgegeben auf Kosten der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften.) p. 45.

[2]) Schmidl hatte nur seinen Sohn bei sich.

Digitized by Google

schwerliche Mitschleppen eines Kahnes gestattete, viel weiter vorzudringen, als es Schmidl und nach ihm dem Bergingenieur Rudolf gelungen war, von dessen Hand auch die Vermessungen des von Schmidl begangenen Teiles stammen. Nur wenige Meter über dem Wasserbassin der Seitengrotte hatte Schmidl wieder durch einen anderen geräumigen Gang zur Haupthöhle gelangen und zugleich den von ihm vermuteten Verbindungsgang mit der Tartarusgrotte finden können, der allerdings auch wieder in seinem Anfange durch ein tiefes Bassin verbarrikadiert ist. Dieser letztere Gang ist sehr merkwürdig. Im Anfange ziemlich geräumig, wird er plötzlich niedrig, so dass nur mehr ein Schlupf übrig bleibt, durch welchen man zu einem Wasserbassin gelangt, aus dem scheinbar kein Ausweg führt. Nur der allgemeinen Trockenheit im Sommer und im Herbste 1890 ist es zuzuschreiben, dass eine sonst unter dem Wasserspiegel liegende Röhre sichtbar wurde, durch welche man sich in eine zweite ähnliche Kammer schieben konnte, die mit einer dritten in Verbindung steht, aber nicht am Wasserniveau, sondern durch eine geräumige Öffnung 6 *m* über demselben. Dieses dritte Bassin ist jenes, welches bisher als der Abschlussfluss der Tartarusgrotte galt. Nach Erkletterung der letzten Wand erreicht man schon bekannte Räume, deren Gangbarkeit zwar viel zu wünschen übrig lässt, durch welche man aber fast eben zum Belvedere in der Adelsberger Grotte gelangt. Ein weiterer Erfolg der jüngsten Forschungen war die Entdeckung der Fortsetzung der Mariannengrotte. Durch kaum passierbare Schlupfe gelangt man dort in zwei ungeheure Räume, in denen ein steiler Schuttberg so hoch hinaufführt, dass man unmöglich mehr weit vom Tage entfernt sein kann. Mehrere Seitengänge zweigen hier ab, und es giebt noch viel Arbeit, um die Forschungen hier zum Abschlusse zu bringen. Erwähnenswert ist der auffallende Umstand, dass im ersten Teile des Ganges der Boden sich an vielen Stellen gesenkt hat, was nur durch eine Unterwaschung der Sinterdecke zu erklären ist, deren Unterlage wahrscheinlich aus Lehm besteht. Riesige Tropfsteinsäulen stehen noch in geneigter Richtung oder liegen in Trümmern am Boden. Stellenweise sind tiefe Gruben entstanden, in die man hinabsteigen muss, um jenseits wieder emporzuklettern. Von stagnierendem Wasser kann dies nicht kommen, es muss daher eine Wasserader zeitweise durch diesen Gang fliessen, die langsam aber stetig an der Zerstörung der schönen Gebilde arbeitet, an deren Schaffung die Naturkräfte durch Jahrhunderte gearbeitet haben. Die schönsten Räume, mit blendend weissen Tropfsteingebilden, befinden sich am Fusse des Schuttberges in der grossen neuen Halle. Es ist Aussicht vorhanden, dass ein Teil dieser Wunderwerke der Natur der Besichtigung des Publikums durch Anlage von Wegen und Erweiterung der schwierigen Passagen zugänglich gemacht werde."

Digitized by Google

Das Delta des Parana ist von S. Roth geschildert worden[1]). Der Fluss selbst führt eine so grosse Menge von Schlamm mit sich, dass man selbst bei 1 Fuss Wassertiefe den Boden nicht erkennen kann. Trotzdem geht das Anwachsen des Deltas ausserordentlich langsam vor sich. Vor etwa 300 Jahren wurden die Indianer aus der dortigen Gegend vertrieben, aber die Spuren der Ansiedlungen derselben sind heute erst kaum von einer 1 Fuss dicken Schlammschicht überzogen. Bis zu 7 *m* Tiefe finden sich nur Reste von Tieren, die auch heute noch dort leben. Roth verbreitet sich eingehend über die Entstehung und das Alter der Pampas-Formation in Argentinien. Die oberste Lage derselben besteht aus humusreicher Ackererde, darunter liegt der sogenannte Löss, oben staubartig fein, hellgelb, nach unten fester und rotbraun mit häufigen Kalkkonkretionen. Nach Ansicht von Roth stammt das Material, aus dem sich der Löss der Provinz Buenos Aires gebildet hat, aus dem Meere; es ist Meersand, den der Wind verwehte und über die Ebene ausbreitete. Die Silikate des Sandes wurden durch die Pflanzen zersetzt, und derselbe verwandelte sich dadurch in Löss. Die oberste Schicht ist infolge des Pflanzenwuchses an Humus reich, allein sie wird immer wieder infolge des Windes von Sandmassen bedeckt, so dass die zugedeckte Schicht nach und nach ihren Humus verliert und in Löss zurückverwandelt wird. In der Nähe der Küste, wo die Sandzufuhr oft sehr beträchtlich ist, kann derselbe häufig nicht völlig in Löss umgewandelt werden und erscheint dann als Sandstein. An anderen Orten, z. B. in der Nähe von Cordoba, ist dagegen der Löss aus Detritus entstanden, welchen die Flüsse vom Gebirge herabbrachten. Die meisten dieser Gebirgsflüsse verlieren sich in den Pampas in Bodensenken und bilden dort Lagunen, die allmählich mit Schutt ausgefüllt und in Löss verwandelt werden. Infolge des Umstandes, dass die obere Humusschicht recht undurchlässig für Wasser ist, verhindert dieselbe das Einsickern des letzteren in den porösen Pampas-Boden und damit die Entstehung einer wahren Wüste.

11. Seen.

Die Eisseen der Alpen haben eine grosse Wichtigkeit für die Geschichte der Gletscherbewegungen. Von jenen Seen sind bis jetzt acht bekannt, sie gehören, wie Prof. E. Richter ausführt[2]), zwei Typen an.“ Bei dem ersteren, in seinen Ausbrüchen verheerendsten, entsteht die Anstauung eines Sees dadurch, dass ein auf dem Seitengehänge des Thals ruhender Gletscher sich zur Zeit eines Hochstandes bis ins Hauptthal herab ver-

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. **40.** p. 375 u. ff.
[2]) Peterm. Mitt. 1891. p. 202 u. ff.

Digitized by Google

längert und dadurch den Abfluss der weiter rückwärts im Thale fliessenden Bäche hindert Von diesser Art sind die Eisseen im Rofenthale (Vernagtgletscher), der Mattmarksee im Saasthale (Allalingletscher), der Eissee im Bagnethale (Gétroygletscher) und der Martellersee (Zufallgletscher). Hier tritt wieder die Variante ein, dass bei den drei ersteren in Rückzugsperioden das Hauptthal ganz eisfrei wird, bei letzterem aber der Gletscher in verkleinertem Zustande vorhanden bleibt, jedoch nur dann, wenn er im Wachsen ist, im Winter die Eisthore verschliesst (zudrückt), während sonst die von rückwärts kommenden Bäche unter ihm durchlaufen. Da die quergelegten Eisriegel dieser vier Seen nicht sehr mächtig zu sein pflegen, so erfolgt der Abfluss, wenn die subglacialen Verbindungen einmal eröffnet sind, in grosser Geschwindigkeit, oft in weniger als einer Stunde. Beim zweiten Typus entsteht die Seebildung, indem ein im Hauptthale liegender grosser Gletscher den Bach eines Seitenthales am Abflusse im Hauptthale hindert und so das unterste Stück des Seitenthales in einen periodischen See verwandelt. Diesem Typus gehören an: Der Eissee im Ridnaunthale (Überthalgletscher, Südseite der Stubeiergruppe, Zugang vom Sterzing an der Brennerbahn), der Burglereissee im Langenthale (Gurglergletscher), der bekannte Märjelensee am Aletschgletscher und der Rutorsee am gleichnamigen Gletscher in der Nähe des kleinen St. Bernhard.

Die zwei mittleren hiervon sind permanent, d. h. sie bilden sich alle Jahre zur Zeit der Schneeschmelze, und zwar deshalb, weil die auftauenden Gletscher so gross sind, dass sie auch bei den stärksten bisher bekannten Rückgängen sich noch niemals bis hinter die Eismündung des Seitenthales zurückgezogen haben. Ihr Ablauf erfolgt ebenfalls jedes Jahr, meist im Juni oder Juli: er bringt auch Hochwasser, aber bei weitem keine so schlimmen, wie die des anderen Typus; offenbar deshalb, weil die ausfliessenden Wassermengen bei ihrem Dahinströmen unter dem noch mehrere Kilometer, ja mehrere Stunden langen Hauptgletscher sehr zurückgehalten und verteilt werden. Bei hohem Gletscherstande werden auch diese Seen viel höher, laufen später ab und verursachen dann grösseren Schaden. Dies ist uns vom Gurglergletscher mehrfach aktenmässig überliefert. Der Ridnauner- und Rutorsee sind so situiert, dass bei sehr starkem Rückgange, wie in den letzten Dezennien, der Eingang des Seitenthales eisfrei wird. Dann ist natürlich eine Seebildung unmöglich.

Es geht aus dem Gesagten hervor, dass die Anstauungen und Ausbrüche von sechs der genannten Eisseen sichere Anzeichen eines hohen Gletscherstandes sind, der sich auch bei den zwei übrigen wenigstens durch aussergewöhnliche Seehöhe und stärkere Abflussmengen kenntlich machen wird. Da nun die Verheerungen, welche auf diese Weise angerichtet wurden, stets grossen Eindruck auf die Zeitgenossen zu machen pflegten, so

Digitized by Google

erhalten sich in Geschichtsquellen und Archiven darüber Mitteilungen, und so werden die Ausbrüche für die letzten dreihundert Jahre die wichtigste Quelle für die Geschichte der Gletscher- und damit auch der Klimaschwankungen. Hauptsächlich auf sie gestützt, konnte der Verfasser auch für die Gletschervorstösse in den Alpen eine 35 jährige Periode nachweisen, welche mit der von Brückner ermittelten der Klimaschwankungen vollkommen übereinstimmt.

„War schon nach den Ausbrüchen des Zufallgletschers von 1888—89 anzunehmen, dass eine Zunahme der Gletscher in der Ortlergruppe stattfinde, so ist gegenwärtig darüber kein Zweifel mehr. Bei unserem Besuche in Martell im Juni d. J. fanden wir alle Gletscher in höchst auffallendem und bedeutendem Vorgehen. Besonders der Fürkelegletscher hat über einen Steilrand, den er 1889 im September eben nur berührte, einen breiten und dicken, dreieckigen Eiskörper von mehreren hundert Metern Länge herabgeschoben, von dem unaufhörlich gewaltige Eisstücke abbrechen, die am Thalgrunde bereits einen grossen Aufschüttungskegel errichtet haben. Der Zufallgletscher hat nicht nur die zwei grossen Eisthore, die unter ihm durchführten, völlig verschlossen, sondern ist auch stark in die Höhe und Breite gewachsen. Die in der Schweiz schon vor mehr als zehn Jahren eingetretene Vorstossperiode hat nun auch in den Ostalpen energisch begonnen."

Der Wörthersee bei Klagenfurt ist bezüglich seiner Temperaturverhältnisse von Professor E. Richter untersucht worden [1]. Die Messungen erstrecken sich über 19 Monate (August 1889 bis Januar 1891), und wurde jedesmal von der Oberfläche bis zum Boden die Wassertiefe bestimmt. Der Wörthersee ist 17 *km* lang, hat 21 *qkm* Fläche und ein Wasservolumen von 800 Mill. *cbm*. Er besteht aus zwei durch ein seichteres Stück getrennten Teilen von 73—84 *m* Tiefe. Jährlich friert der See zu und behält seine Eisdecke bis Mitte März, doch ist er bis tief in den Herbst hinein relativ warm. Seine Zuflüsse sind ziemlich unbedeutend, die Durchflutung ist also gering. Es ergab sich, dass die Temperatur an der Oberfläche bis zu 8 *m* Tiefe ziemlich gleichartig ist, unter dieser Grenze sinkt dagegen die Temperatur plötzlich. Im August 1889 war die Wärme oben bis 8 *m* Tiefe + 20° bis 22° C., in 9 *m* Tiefe dagegen nur 19°, in 10 *m* nur 13°, in 44 *m* Tiefe nur 5°. Am 5. September 1890 fand sich: in 10 *m* Tiefe + 19.2°, in 11 *m* 12.6°. Eine Erklärung dieser merkwürdigen Thatsache ist schwierig. Prof. Richter weist auf die nächtliche Abkühlung an der Oberfläche als Ursache hin. Wenn nämlich die Oberflächenschicht bis auf + 3° C. abgekühlt ist, sinkt sie, als spezifisch schwerer, unter, und zwar soweit, bis die sinkende Schicht in der Tiefe Wasser von gleicher Tempe-

[1] Verhandl. des IX. deutschen Geographentages in Wien.

Digitized by Google

ratur und Dichte erreicht hat. Sonach müssen am Morgen die obersten Schichten eine gemeinsame Mitteltemperatur haben, und unmittelbar unter ihnen muss sich eine erheblich kältere Schicht finden. Gegen Ende Oktober verschwindet die „Sprungschicht", und im Dezember findet sich in den obersten 25 *m* Tiefe eine gleichförmige Temperatur von + 6° C. Den Beobachtungen zufolge ist die Oberflächentemperatur des Sees stets einige Grad höher als die Lufttemperatur der Umgebung, so dass der See das ganze Jahr hindurch eine Wärmequelle für die Gegend bildet, freilich auch in den Herbst- und Wintermonaten die Ursache zu häufigen Nebelbildungen.

Die Bodengestaltung des Genfersees ist durch die Arbeiten von Lochmann, Hörnlimann, Faletti, Garcin, Magnin und Delebeque, welche in einer im Massstabe von 1 : 25000 ausgeführten Seekarte mit Isobathen von 10 zu 10 *m* veröffentlicht sind, völlig ermittelt. Nach der Erläuterung von Delebeque[1]) besteht der See im wesentlichen aus zwei Teilen, dem grossen See zwischen Nernier und Villeneuve und dem kleinen See zwischen Nernier und Genf.

Die grösste Tiefe des grossen Sees (zwischen Evian und Ouchy) beträgt 310 *m*, der Boden dieses Beckens ist eine fast horizontale Ebene, für eine ca. 46 *qkm* grosse Fläche beträgt der äusserste Höhenunterschied 5 *m*.

Die Neigung der Sohle des Beckens ist in der Richtung der Längsaxe sehr schwach, 10—15 *mm* auf 1 *m*. Der Quere nach ist sie grösser und variiert von 1°—2° in den Buchten von Rolle und Condrée, bis 30° bei Meillerie, 48° bei St. Gingolph und 56° am Fusse des Schlosses von Chillon.

Die wichtigsten Einzelheiten des grossen Sees sind: das Seebett der Rhone, beschrieben von Prof. Forel[2]).

Das Delta der Dranse, ein charakteristischer Typus der Wildbachdeltas. (Die Terrassen von Thonon, oberhalb der Dranse, sind nur Reste alter Deltas dieses Flusses.)

Ein Hügel, Cully gegenüber, über dessen Gipfel die Tiefe 239 *m* beträgt, während die Nachbarschaft 250 *m* tief ist.

Der grosse See wird von dem kleinen durch die Bank von Nernier (oder von Promenthoux) getrennt, über welcher die Tiefe 66 *m* beträgt. Auf dem östlichen Abhange dieser Bank findet man mit Moos bedecktes Moränengerölle.

Der kleine See besteht aus vier Behältern von 76 *m*, 70 *m*, 70 *m* und 50 *m* Tiefe, welche durch drei sehr flache Bänke von 63 *m*, 64 *m* und 47 *m* Tiefe getrennt werden. Bellerive gegenüber erhebt sich aus einer Tiefe von 25 *m* eine Klippe, deren

---

[1]) Compt. rend. **112.** p. 67.

[2]) Compt. rend. **101.** p. 725 und Bull. de la Société vaudoise des sciences naturelles **23.** 1887.

Digitized by Google

Gipfel nur 8 *m* tief liegt. Diese Klippe, les Haut-Monts genannt, besteht nach den Beobachtungen von Pictet aus Molasse.

Die Oberfläche des Sees beträgt 582 *qkm*, sein Inhalt 89 *ckm*; seine mittlere Tiefe (Quotient aus dem Volumen durch die Oberfläche) 153 *m*.

Die Entstehungsgeschichte des Züricher Sees ist von Prof. Heim auf Grund fremder und eigener Untersuchungen dargestellt worden [1]). In der Molasseperiode war das ganze Land zwischen Jura und Alpen ein Seebecken, das vorübergehend mit dem Meere in Verbindung stand. Gewaltige, aus den Alpen kommende Ströme mündeten in diesen See. Derselbe ward am Nordfusse der Alpen endlich ganz ausgefüllt mit den inneralpinen Trümmern. „Die trüben Flüsse wälzten sich weithin über die Kies-, Sand- und Schlammebene gegen die Engpässe des Jura, der als niedriger Hügelzug damals kaum über das Molasseland vorragte. Der Prozess der Alpenstauung war noch nicht vollendet. Weiter und weiter wurde die Erdrinde zusammengedrängt, eine Falte nach der anderen runzelnd, eine Bergkette nach der anderen nördlich am Rande des schon vorhandenen Gebirges aufstauend. Endlich ergriff die Stauung sogar den eben vorher abgelagerten Schutt, die Molasse. Ihre grobkonglomeratischen Randschichten wurden zuerst in Gewölben emporgedrückt und aufgerichtet zu stets höher steigenden Bergen, und die ganze Molasseebene wurde sanft nach Norden geneigt. Die Alpenflüsse, welche eben die Molasse angeschwemmt hatten, erhielten durch diese Aufstauung des Bodens Überschuss an Gefälle und an Stosskraft. Die Thäler in den Alpen gruben sich tiefer, und die ihnen entstammenden Flüsse furchten sich jetzt ein in ihre eigenen früheren Ablagerungen. Sie hatten die Trümmer gewissermassen zu nahe schon am Fusse der Alpen liegen lassen, sie mussten sie jetzt wieder von diesem Umladeplatze wegreissen und weiter hinaus ins Meer spülen. So wurde die Molasseebene mehr und mehr von zahlreichen Thälern durchzogen. Die Alpenthäler verlängerten sich durch die Molasse hinaus an den Jura, und auf diesen Exportwegen wurden sowohl die Verwitterungsspäne der Alpen wie diejenigen der Molasse hinausgeschleift und gerollt in die entfernten Ebenen und hinaus ins Meer. Die Tiefebene des Rheines, Holland, ist zum Teile aus dem Schutte der Molasse gebaut, die früher das Zürichseethal füllte.

Die Ausfurchung der Molasse ging mit der Stauung und Hebung Schritt in Schritt. In Zeiten des Stillstandes verbreiterten die Flüsse die Thalboden der jungen Molassethäler, in Zeiten neuer Hebung schnitten sie sich um eine Stufe tiefer ein. Als Reste zwischen den Thalwegen blieben Molassehügelzüge zurück, die ihrerseits wieder von Bächen durchfurcht wurden.

[1]) Neujahrsblatt der naturforschenden Gesellsch. in Zürich **93**.

Digitized by Google

Reste alter Thalböden sind an den Gehängen der tieferen späteren Thäler als Terrassen (Herrliberg, Zollikon, Thalweil u. s. w.) in Seitenthälern als Thalstufen zurückgeblieben, und ihre Untersuchung gestattet uns, die verschiedenen Stadien dieses Austhalungsprozesses in der Molasse festzustellen. Da ergiebt sich denn, dass zuerst ein grosser, aus den Alpen kommender Thalweg in sich vereinigte die Linth und einen früher durch das Taminathal und den Walensee kommenden westlichen Rhein und dieselben durch das Greifensee- und Glatthal nach dem Rheine leitete. Der Stammfluss des Zürichseethales war ursprünglich die Sihl. Sie — d. h. das Wasser, das damals aus dem Sammelgebiete der jetzigen Sihl kam — begann, das Thal zu graben, in welchem der Zürichsee liegt. Die Sihl schied zuerst in den oberen Teilen den Zürichberg vom Albiskamm, den Hasenberg vom Altenberg und begann den Lägerneinschnitt bei Baden zu sägen und zu feilen. Aber noch lag der Thalboden hoch über dem jetzigen. Das jetzige Sihlthal, das Reppischthal, existierten noch nicht.

Sich einschneidende Thalsysteme verzweigen und vertiefen ihre Schluchten stets bergwärts, rückwärts, und die rückwärts sich einschneidenden Arme verschiedener Flüsse können sich treffen und durchschneiden. Ein Seitenarm der Sihl griff östlich immer weiter zurück, fiel dem Linth-Rhein in die Seite und lenkte ihn ab. So wurde der Linth-Rhein ein Nebenfluss der Sihl. Dem unteren Teile des ursprünglichen Linth-Rheinthales war damit das alpine Wasser genommen, die Thalbildung starb dort ab, d. h. die Vertiefung hörte auf, und das bloss auf der Molasse sich sammelnde Wasser — die Glatt — war zu kräftiger Austiefung zu schwach. Dafür tiefte sich nun das Zürichseethal — noch ohne See — um so kräftiger aus, nachdem die Sihl verstanden hatte, auch noch die Linth und den alten Westrhein von ihrer ursprünglichen Aufgabe abwendig zu machen und sich selbst zu Hilfe zu rufen. Darin liegt zunächst die Ursache dafür, dass das Hauptthal mit dem Zürichsee hier und nicht jenseits des Zürichberges im Glatthale liegt. Der Grund des Zürichseethales ist schliesslich um 250 *m* tiefer geworden als die Amputationsstelle des ursprünglichen, nun von der Linth verlassenen Thalweges zwischen Rubikon und Lützelsee, und im ganzen über 600 *m* tiefer als die ursprüngliche Oberfläche des Molasselandes. Durch solche Vorgänge entstand die hügelige Molasselandschaft der Schweiz in ihren Grundzügen. Sie ist eine Ausspülungslandschaft im alten Anschwemmungsboden."

In diesem Stadium trieben die Alpenflüsse ihre trüben Wasser durch die Molassethäler, aber noch kein See war vorhanden. Später aber staute sich die Erdrinde am Schwarzwalde und Jura, wodurch die nördlichen Alpenfalten noch etwas höher stiegen, ebenso die Juraketten, während das Molasseland dazwischen in

Digitized by Google

Gestalt einer sehr flachen Mulde etwas einsank. „Das Zürichseethal musste sich hiermit in seiner mittleren Region einbiegen, der Thalboden wird bei Zürich tiefer als unten bei Baden, wo die Limmat die Lägern durchsägt. Infolge davon entstanden Wasserstauungen in der Mitte, die frühere Thalaustiefung wendete sich um in Überschwemmung, das alte Flussthal ertrank, es tauchte unter sein Wasser und wurde zum thalförmig langgestreckten See. In gleicher Weise und gleichzeitig bildete sich auch der Bodensee, zum Teile der Vierwaldstättersee, Zugersee, Thunersee, Genfersee. Auch am Südabhange der Alpen ertranken die Thäler und wurden bis weit ins Gebirge hinein mit Wasser bedeckt (Langensee, Comersee, Gardasee u. s. w.). Der Vorgang der Seenbildung als periodischer Schlussakt der Hochgebirgsbildung an deren Rande scheint allgemeiner Natur zu sein: horizontale Stauung in der Erdrinde faltete ein Gebirge empor. Mit der Faltung aber wurde die Stauung mehr und mehr ausgelöst. Das Zuviel von Erdrinde ist nun absorbiert in der Faltung, und es folgt auf das Empordrängen ein Nachsinken des ganzen Gebirges oder seiner begleitenden Zonen, wodurch die schon ausgebildeten Thalfurchen rückläufiges Gefälle erhalten und zu Dislokationsseen werden.

Dieser erste Zürichsee hing noch mit dem Walensee, vielleicht sogar durch das Rheinthal mit dem Bodensee zusammen und reichte fjordartig in das damals noch viel tiefere Sihlthal hinein; er überflutete die Stelle, wo jetzt Zürich liegt, war hier wohl 100 *m* tief und reichte durch das Limmatthal wahrscheinlich bis unterhalb Dietikon hinab. Bald trennten Seez und Tamina durch ihre Anschwemmungen den Rhein vom Walensee und verdrängten dadurch den Rhein dauernd aus dem Zürichseethale, die Linth schob ihre ausgedehnten Kiesflächen zwischen Walensee und Zürichsee, und die Sihl begann, in der Gegend von Altendorf, Pfäffikon und bis Richtersweil den Seegrund zu erhöhen und schob ihre Deltastirn bis an das jetzige Ufer, wo wir den alten Sihlkies noch an manchen Stellen mit in den See abfallenden Schichtlagen beobachten können. Auch die Au bei Horgen ist ein Schuttkegel eines Baches oder Flusses, der vor der Eiszeit in den See mündete.

Bald wird das Molasseland, selbst ein geschlämmter Alpenschutt — abermals von einer neuen Lieferung von alpinen Gesteinstrümmern überstreut. Diesmal ist nicht ein Wasserstrom der Träger derselben, sondern ein Eisstrom, die Verteilung dieser Trümmer zeigt alle Merkmale des Transportes durch Gletscher und steht in scharfem Gegensatze zu den Erscheinungen der Molasse. Statt runder, glatter Gerölle finden wir vielfach eckige Blöcke oder Blöcke mit den für Gletschergrundtrümmer so bezeichnenden Schrammen und Ritzen; statt der Abnahme in der Grösse der Trümmer mit der Entfernung von den Alpen finden

Digitized by Google

wir jetzt gewaltige Blöcke wie fein zerkleinertes Material ferne wie nah, ohne Sonderung, ohne Schlämmung; statt Ausfüllung der Vertiefungen zu flachem Delta mit deutlicher Schichtung treffen wir auf langhingestreckte, ungeschichtete Hügelzüge, die Moränen, die den Gehängen oder Rücken der Molasseberge aufgesetzt sind oder bogenförmig quer durch die Thäler ziehen. Eckige, grosse Blöcke sind über das ganze Land gestreut. Statt Mengung verschiedener Gesteinsarten treffen wir auf Sonderung nach dem Ursprungsgebiete in von den Alpen ausstrahlenden Zonen oder Streifen, und statt der Gesteine von jenseits der jetzigen alpinen Wasserscheide erscheinen nun nur alle die Gesteinsarten der jetzigen Flussgebiete, und viele darunter, welche niemals in der Molassenagelfluh zu finden sind (Sernifit, Hochgebirgskalk). Es ist heutzutage keine Theorie mehr, dass Gletscher diesen „erratischen" Schutt gebracht haben, es ist vielmehr eine tausendfach bewiesene Thatsache.

Langsam fliessen die Gletscherzungen in der nach dieser Erscheinung benannten Eiszeit, ein Abschnitt der Diluvialperiode, hinab in die Molassethäler. Sie erfüllen dieselben, ihre Flut steigt stets höher, sie überfluten auch den Zürichberg, und über dem Albiskamme berührten sich der vereinigte Linth- und Sihlgletscher einerseits und der Reussgletscher andererseits, und bis in die Jurathäler hinein drängte sich die Eisflut. Der Grund des Zürichsees war 400 bis 500 *m* tief unter Eis vergraben. Wie das Innere von Grönland oder Spitzbergen muss die Schweiz damals ausgesehen haben. Polare und alpine Pflanzen und Tiere bewohnten die eisfreien Berginseln und die eisfreien Teile des Tieflandes . . .

In den Kiesgruben des Limmatthales bis hinab nach Turgi, in den ausgezeichneten Kiesterrassen von Waldshut bis Basel, überall liegen ungeheure Mengen von alpinen Geröllen der Molasse aufgesetzt. Jetzt könnten diese Geschiebe gar nicht mehr dorthin gelangen, vielmehr würden sie in den Seen liegen bleiben. Die Gletscher haben diesen Alpenschutt auf ihrem Rücken wie auf einer Brücke über die Seen zu Thale getragen und die Seebecken vor Ausfüllung dadurch gerettet. Ohne die Gletscher wären die Seen längst wieder mit Schutt gefüllt. Nur Gletscher vermochten alpinen Schutt nach Baden und auf den Utogipfel zu befördern und das Seebecken grösstenteils selbst zu erhalten.

Die letzte Vergletscherung der Diluvialzeit bildete die scharfen Moränenhügel, welche für die Oberflächengestalt so massgebend sind. Der Gletscher erfüllte in Gestalt einer langen Zunge den Zürichsee und endigte einige Zeit beim jetzigen Killwangen, dann bei Dietikon, nachher lange da, wo jetzt Zürich liegt. Er bildete die gewaltigen mehrfachen Moränen von Hirzel und Horgenegg bis Kilchberg, Wollishofen, Bürgliterrasse, die dann bogenförmig mit einigen Unterbrüchen Zürich durchziehen und in der „hohen

Promenade“ fortsetzen und sich unter der Neumünsterkirche durch über Zollikon hinaufziehen. Diese Moräne von Zürich hat den See wohl noch etwas höher gestaut, vor allem aber hat sie ihn in zwei Teile geteilt: der obere Teil blieb vor Ausfüllung mit Schutt durch den Gletscher selbst geschützt, der untere Teil hingegen, von Zürich bis gegen Wettingen, wurde durch Moränen und besonders durch die von den Moränen abgespülten Gletscherbachablagerungen ausgefüllt. So sind die Kiesflächen des Limmatthales entstanden, vergleichbar etwa den flachen Geschiebeböden, die wir auch jetzt unterhalb vieler Gletscher finden. Damit war nun die jetzige Ausdehnung des Zürichsees und die Lage von Zürich bestimmt. Die Gletscherzunge war der gewaltige Finger, der die Stelle wies, wo der See sein Ende haben, und Zürich dereinst entstehen sollte. Zürich ist eine Moränenstadt. Im Mittelalter waren ihr die Moränen Festungswälle, jetzt ist sie über dieselben hinaus gewachsen. Durch den Absatz der Moräne von Zürich ist der Zürichsee in seinen Hauptzügen so gebildet worden, wie er jetzt noch vor uns liegt. Nachdem die Gletscher geschmolzen, blieben die Moränen zurück und sind Leitlinien für die Wasser geworden. „Der Albis hatte, wie die meisten Berge des Molasselandes, ursprünglich eine sanft gewölbte Gestalt mit breitem Rücken. Räppisch und Sihl, an seine Flanken gebannt, hatten überschüssige Stosskraft und schnitten sich in dieselben ein. An den Seiten entstanden Abrutschungen und wilde Schluchtsysteme, die stets tiefer gegen den Albisrücken hineingriffen. So ist die mittlere Rückenpartie des Albis immer schmaler geworden und zuletzt als schmaler Grat herausgeschnitten worden aus dem ursprünglich breiten Berge, und so sind Sihlthal und Räppischthal erst seit der Eiszeit als junge Thäler entstanden. Der Vorgang ist aber noch lange nicht vollendet, die Sihl schneidet sich noch fortwährend tiefer ein, die Seitenschluchten reissen weiter nach, der Albiskamm wird an manchen Stellen von Jahrzehnt zu Jahrzehnt schmäler. Seine gegliederten Gestalten, die vielen frischen, kahlen Abrisse, dazwischen die scharfen Gräte, geben das Bild frischer, stetiger Umgestaltung und charakterisieren das Sihlthal, den Albis und Uto als junge, neu umgeformte Gestalten im Gegensatze zu dem Zürichseethale und dem sanften, ausgeglichenen Rücken des gealterten Zürichberges.

Wie der Zürichberg zum Albiskamm, so etwa verhält sich die Limmat zur Sihl. In der Limmat haben wir einen Fluss, frei von Geschieben, leicht lenksam und friedlich; er kommt aus dem See, einem alten, schon vor der Eiszeit rückgebildeten, vollständig schlummernden Thalstücke, das der Gletscher der Diluvialzeit gütig vor vollständiger Schuttausfüllung bewahrt hat — er ist ein Bild der Ruhe; dort in der Sihl, ein Wildwasser, unvermittelt aus den Alpen durch ein junges, noch ganz unfertiges Thal uns zuströmend,

Digitized by Google

Ausgangslinie zahlreicher Abrutschungen und Wildbachschluchten, reich an bedeutenden, oft plötzlichen Anschwellungen, gewaltig und wechselvoll im Geschiebetransporte und schwierig in gleichmässige Bahnen zu zwingen; da beobachten wir einen Thalbildner in voller Arbeit, der feilt und schleift, um ein enges Thal zu vertiefen und zu erweitern, als wollte er sich rächen für das ihm erwiesene Unrecht.

See und Sihl aber, beide sind in altem, alpinem Schutte eingebettet durch die Arbeit der Wasser. Dort ist die Arbeit vollendet, der See liegt in Sonntagsruhe, hier ist strenger Werktag.“

Schliesslich fasst Prof. Heim die Vorgänge, welche den Zürichsee entstehen liessen, wie folgt zusammen:

1. Ausfüllung des Molasseseees mit alpinem Schutte von SO her.

2. Thalausspülung, Durchfurchung der Molasse — des Zürichseethales im besonderen, zuerst durch die Sihl, dann durch die Sihl mit Linth und Westrhein verstärkt.

3. Relative Einsenkung der mittleren Molasseregion. Untertauchen des Thales und Stauung seines Wassers zum See.

4. Die Gletscher rücken vor, beschützen den oberen Teil des Sees vor Ausfüllung, grenzen ihn bei Zürich durch eine Erdmoräne ab, füllen den unteren Teil mit Moränen und Gletscherbachgeschieben, verbannen die Sihl an den Albisabhang.

5. Die Gletscher schmelzen zurück, das jetzige Sihlthal bildet sich aus, der See verkleinert sich durch die vorrückenden Delta der Linth und der Bäche.

Der Monosee und seine Umgebung ist von I. C. Russell geschildert worden, besonders mit Rücksicht auf seine Bildungsgeschichte [1]). Der See liegt am Ostabhange der Sierra Nevada (38° nördl. Br. 119° westl. Lg. G.) im tiefsten Teile eines grossen Beckens, welches den westlichsten Teil des Great Basin bildet, 6380 engl. F. über dem Meeresspiegel. Er bedeckt eine Fläche von 87 engl. Quadratmeilen, und seine grösste Tiefe beträgt 154 Fuss. Im östlichen Teile befindet sich eine grosse Insel. Der See wird gespeist von Zuflüssen, die aus tief eingeschnittenen Canons der Sierra kommen, auch zahlreiche seichte Quellen senden ihm ihr Wasser zu. Abflusslos, wie er ist, sind seine Wasser äusserst salzhaltig. Sie enthalten Chlornatrium (1.822 %), kohlensaures Natron (1.949 %), schwefelsaures Natron (1.007 %), Chlorkalium (0.222 %), kohlensauren Kalk (0.068 %), kohlensaure Magnesia (0.036 %) und Kieselsäure (0.028 %). Der Salzgehalt von nahe 5 % duldet weder Fische, noch Mollusken. Der Wasserstand ist sehr veränderlich und hat in den letzten beiden Jahrzehnten um 15—20 Fuss geschwankt. In etwa 700 Fuss Höhe über dem heutigen Seespiegel zieht sich eine deutlich ausgesprochene

[1]) Ann. Rep. U. St. geol. survey 8, Washington 1889. p. 271 u. ff.

Digitized by Google

Terrasse längs der umgebenden Höhen hin und zeigt, dass der See in der Vorzeit einen ebenso viel höheren Wasserstand und dementsprechend auch eine grössere Oberfläche hatte. Merkwürdiger Weise ist die Terrasse nicht horizontal, sondern zeigt Höhenunterschiede bis zu 40 Fuss, welche Russell durch die nahe liegende Annahme von Dislokationen, die seit der Eiszeit stattgefunden haben, erklärt. Unterhalb jener grossen Terrasse zeigen sich noch vielfach Reste von anderen Strandlinien, welche andeuten, dass die Wasserabnahme des alten Sees nicht plötzlich oder ununterbrochen, sondern in Perioden erfolgt sein muss, die von langen Zeiten mit unveränderlichem Wasserspiegel unterbrochen waren. In der Eiszeit haben wahrscheinlich die gewaltigen Gletscher der Sierra Nevada, von denen sich noch heute Reste finden, die Ufer des Monosees erreicht, und jene stehen wahrscheinlich in enger Beziehung zu dem vormaligen hohen Wasserstande des Sees. Russell findet in den Moränenablagerungen die deutlichsten Beweise für ein zweimaliges Vorrücken und Zurückgehen der Gletscher, dem ein zweimaliges Anschwellen und Sinken des Seespiegels entspreche. Der höchste Wasserstand folgte nach der grössten Ausdehnung der Gletscher. Auf der grossen Insel (Pa-o-ha) im See liegen alte Krater, die teilweise aus losen Rapilli aufgebaut sind und dadurch, sowie durch das Fehlen aller Spuren von Strandlinien, deutlich zeigen, dass sie erst entstanden sind, nachdem der See im wesentlichen seine heutige Ausdehnung besass. Noch heute erinnern einige Fumarolen an die vulkanische Thätigkeit. Im südlichen Teile des Beckens befinden sich zahlreiche Tuffkegel, die bis 2500 Fuss über den Meeresspiegel ansteigen und offenbar auf einer von Nord nach Süd verlaufenden, 11 Meilen langen Spalte stehen. Diese Krater gehören bezüglich ihrer Entstehung einer älteren Zeit an, die vielleicht vor dem Hochwasserstande des Monosees liegt; zur Zeit des letzteren war sie gelegentlich thätig, wie die Rapilli und Bimssteine in Sedimenten innerhalb der alten lakustrinen Mergelschichten beweisen.

Der Titicacasee ist jüngst von Dr. Hettner besucht und geschildert worden[1]. „Dieser See", bemerkt derselbe, „ist eine der merkwürdigsten Erscheinungen der Erdnatur, ein See von der Grösse des Königreichs Sachsen in einer solchen Meereshöhe, von Dampfschiffen befahren, von zahlreichen Dörfern und Städtchen umgeben. Zwar kommen nur an geschützten Stellen noch niedrige Sträucher fort, zwar gedeiht der Weizen nur unter dem erwärmenden Einflusse der grossen Wasserfläche, aber der Anbau der Kartoffel, Oca, Quinoahirse und Gerste und die grossen Grasflächen, auf denen Rindvieh, Schafe, Lamas, Alpackas, Pferde und Esel weiden, sind genügend, um eine dichte Bevölkerung zu

[1]) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkunde **17.** Nr. 10. p 518 u. ff

Digitized by Google

ernähren, und es liegt meiner Meinung nach kein Grund zu der Annahme vor, dass zur Zeit der alten Inkas hier ein milderes Klima geherrscht haben müsse. Die Kultur stand noch in voller Blüte, als die Spanier hier erschienen, und ist erst durch die Spanier vernichtet worden. Rings um den See herum trifft man alte Terrassenbauten, durch die man auch steile Gehänge für den Anbau geeignet machte, Grabtürme und andere Ruinen an; auf den Inseln Titicaca und Coati standen prächtige Paläste und Tempel, welche leider durch die spanischen Schatzgräber in Ruinen verwandelt worden sind, und bei dem Dorfe Tiahuanco, etwas südlich vom See, finden sich jene merkwürdigen monolithischen Bauwerke und Steinskulpturen.

Der Titicacasee nimmt den nördlichen Teil des bolivianischen Hochlandes, des abflusslosen Zentralgebietes von Südamerika, ein. Von Osten, Norden und Westen fliessen ihm die Gewässer der Ost- und der Westkordillere, teilweise ganz stattliche Flüsse, zu, im Süden entrinnt ihm der Rio Desaguadero, der in südöstlicher Richtung das Hochland durchfliesst, in den zweiten See derselben, den Poopo- oder Aullagasee mündet und dann bald ganz versiegt. Seine Wassermasse bleibt weit hinter der der Zuflüsse des Titicacasees zurück, und man hat deshalb gemeint, dass dieser einen Teil seines Wassers durch unterirdische Spalten verliere. Aber es scheint dieser Annahme nicht zu bedürfen: die starke Verdunstung allein ist wohl genügend, um den geringen Abfluss zu erklären. Noch weniger begründet erscheint aber die Behauptung, dass dieser Abfluss manchmal seine Richtung umkehre und zum Titicacasee hinfliesse: denn er besitzt ein wahrnehmbares Gefälle und hat ein Thal in die Ebene eingeschnitten, welche sich in der Höhe des Titicacasees fortsetzt und einen alten Teil desselben darstellt.

Der See ist von NW nach SO gestreckt, wird durch zwei vorspringende Halbinseln in zwei Teile geteilt, die nur durch die schmale Enge von Tiquina in Verbindung stehen, und ist von zahlreichen Inseln belebt. Auf der SW- und NO-Seite treten die Berge im allgemeinen ziemlich nahe an ihn heran, die Ufer sind hier anmutig und auf der Halbinsel Copacabana und der Insel Titicaca sogar von grosser landschaftlicher Schönheit. Land und See sind auf das mannigfaltigste durchschlungen, und über den See herüber schaut die mächtige Schneemasse des Illampu. Im NW und SO schliessen sich dagegen grosse Ebenen an den See an, welche ihm durch die Anschwemmungen der Flüsse und durch Sinken des Wasserspiegels abgewonnen worden sind. Obgleich sie von inselförmigen und halbinselförmigen Bergketten durchsetzt werden, fällt mit dem Wasser doch der Hauptreiz hinweg; die Dürftigkeit der Pflanzendecke kommt zur vollen Geltung und prägt der Landschaft den Charakter der Einförmigkeit und Öde auf."

Digitized by Google

12. Gletscher und Glacialphysik.

G l e t s c h e r i m a l l g e m e i n e n. Über einige „dunkle Punkte“ der Gletscherkunde hat sich Prof. Ratzel in der Sektion Leipzig des D.-Österr. Alpenvereins ausgesprochen[1]).

„Der Gletscher,“ sagt er, „wird von vielen wie ein interessantes physikalisches Experiment angesehen, in welchem gute Gelegenheit gegeben sei, die Eigenschaften des Eises unter Druck wahrzunehmen. Nach anderen Darstellungen erschöpft sich der geistige Gehalt des Gletscherstudiums in der Nachweisung der Notwendigkeit der Abfuhr der immer höher wachsenden Menge fester Niederschläge im Gebirge. Der Geograph nimmt das Recht in Anspruch, auch die Gletscher in seiner Weise zu betrachten. Sie sind für ihn eine der zahlreichen Formen, in welchen Flüssiges auf der Erdkugel vorkommt. Halb fest, halb flüssig, bilden sie auch im räumlichen Sinne den Übergang von den Firnlagern der Hochgebirge zu den Ursprüngen der Hochgebirgsflüsse, die aus den blauen Gletscherthoren hervorbrausen.

Der Gletscher ist mit samt seiner Firnmulde als ein grosses Wasserbecken aufzufassen, dessen scheinbar starrer, in Wirklichkeit aber flüssiger Inhalt sich langsam dem unteren Ende zu bewegt. Er ist mehr einem See als einem Flusse zu vergleichen, am meisten einem See, wie dem Züricher oder Genfer, in dessen langgestrecktem Becken das Wasser sich merklich vom oberen Ende zum unteren fortbewegt. Doch ist die Bewegung in einem Gletscher noch viel langsamer als in einem See. 20 bis 80 *cm* im Tage sind eine kleine Geschwindigkeit; ein Eisteilchen gelangt mit derselben vom oberen bis zum unteren Ende je nach der Länge des Gletschers erst in einigen Jahren. Erst 1884 wurden am Unteraar-Gletscher gezeichnete Blöcke gefunden, welche Agassiz 1840 hatte darauf legen lassen. Dieselben hatten in 44 Jahren 2400 *m* zurückgelegt. Die mittlere jährliche Bewegung (in der Mittellinie) des Unteraar-Gletschers mit 50—77, des Mer de Glace mit 80—250, des Talèfre-Gletschers am Mont Blanc mit 131 und die im allgemeinen entsprechenden mittleren täglichen Bewegungen norwegischer Gletscher mit 0,8—0,6 *m* (= 290—220 *m* im Jahre) zeigen erhebliche Verschiedenheiten des Tempos der Gletscherbewegung, die jedoch in bestimmten Grenzen sich halten. Weit davon ab liegen Bewegungen der Ränder des grönländischen Binneneises, welche viel grösser sind, indem sie zwischen 3 und 22 *m* im Mittel pro Tag schwanken, und vielleicht sind auch unter den Himalaya Gletschern einige durch besonders starke Bewegung ausgezeichnet. Allein hier sind nicht mehr als 3,7 *m* tägliche Geschwindigkeit beobachtet.

Im Firne liegt nicht bloss ein Derivat des Hochgebirgsschnees vor. Abgesehen davon, dass Firn überall sich bildet, wo Schnee zeitweilig zum Teile schmilzt und wieder gefriert, so dass wir überall in der Ebene, in den Thälern, wo alter Schnee sich hält, auch die Firnbildung am Werke sehen, ist in dem Firne des Hochgebirges die gesammelte Masse aller Niederschläge zu erblicken, welche über einer gewissen Höhe zur Erde niederfallen. Schneeflocken und Staubschnee, Graupeln und Hagelkörner, Nebeltröpfchen und Regentropfen, Rauchfrost und Tau — alles geht endlich in Firn über. Bei der Firnbildung legen sich um die Reste der Schneekrystalle und anderer Eisstückchen dünne Wasserschichten gefrierend an, es entsteht ein Eiskorn von kryptokrystallinischer Struktur, welches unter günstigen Umständen noch immer weiter wächst, besonders auch durch Verschmelzung mehrerer Firnkörner miteinander.

[1]) Veröffentlichungen der Sektion Leipzig des deutschen u. österr. Alpenvereins 1891. Nr. 6. p. 39—47.

Digitized by Google

Der Gletscher entspringt nicht in der Firnmulde wie ein Bach in einem Hochmoore. Er kann ohne jede Firnmulde entstehen, wie die regenerierten Gletscher, welche sich dort bilden, wo ein Gletscher auf einer Felsstufe abbricht, um auf der nächsten wieder zusammenzuwachsen, oder die kleinen Gletscher, welche am Fusse hoher Felswände aus dem herabstürzenden Schnee und Wasser zusammen mit den direkt diesem Boden auffallenden Niederschlägen entstehen. Auch in der Firnmulde kann man nicht sagen: Hier ist der Gletscher und hier der Firn. In der Tiefe jeder Firnmulde muss Eis vorausgesetzt werden. Indem die ganze Masse, Eis unten, Firn oben, nach unten rückt, bleibt der schmelzbarere Firn in den höheren Regionen, während das härtere Eis tiefer herabreicht. Hochgelegene Gletscher treten in kalten Sommern gar nicht unter der Firnhülle hervor, d. h. sie apern nicht aus. Es ist wesentlich ein und dieselbe Wassermasse, welche lange Jahresreihen den gleichen Einflüssen ausgesetzt ist. Heben wir aus diesen Einflüssen die Niederschläge heraus, so bedeuten dieselben ein Anwachsen des Gletschers in einem Jahre um $1^1/_2$ bis 3 *m*. Aber nicht bloss soviel. Er würde in viel grösserem Masse zurückgehen, wenn er nicht des Schutzes der Decke von festen Niederschlägen sich erfreute, die ihn den grösseren Teil des Jahres verhüllt. Solange diese Hülle nicht abgeschmolzen ist, können die Sonnenstrahlen das Gletschereis nicht angreifen. Die Schneedecke bildet sich nun in mittlerer Gletscherhöhe der Alpen schon Ende September oder im Oktober und wächst mit Unterbrechungen bis in den Juni fort, wo dann das Ergebnis einer 9-monatlichen Anhäufung von festen und nassen Niederschlägen, den Tau und Rauchfrost nicht zu vergessen, von unten an beginnend in Wasser sich verwandelt. Bei dem Prozesse der Ausaperung ist aber der Gletscher wiederum nicht wie ein Felsblock zu betrachten, von welchem die winterliche Firnkruste rein wegschmilzt und wegfliesst; der untere Teil dieser Kruste ist in Eis übergegangen, welches fest mit dem Gletschereise verbunden bleibt, und was abschmilzt, sickert zu einem guten Teile in den Gletscher ein, der der aufsaugende Schwamm ist. Endlich schlägt in kühler Nacht immer ein Teil des zur Verdunstung gelangten Wassers sich als reifartige Eiskruste wieder nieder.

Die Ablation des Gletschers ist wesentlich beeinflusst durch die grössere oder geringere Menge von Schutt, welche auf seiner Oberfläche sich ablagert. Der Rückgang wird durch eine dichte Schuttfülle merklich verlangsamt. Forel zeichnet auf dem Arolla-Gletscher drei Längszonen, von denen die zwei seitlichen, schuttbedeckten, über die mittlere aus weissem Eis bestehende, hinausragen. Wenn der Gletscher auf seinem Minimalstande angekommen ist, erscheint der mittlere ungeschützte Teil, „cette belle zone de glace propre“, am weitesten zurückgedrängt; 1886 lag er 700 *m* hinter der Stirnmoräne von 1855. Gleichzeitig hat sich besonders der rechtsseitige Teil des Gletschers, über welchen Mittel- und Randmoränen eine dichte, die Sonnenstrahlen abhaltende Hülle ausbreiten, viel weniger zurückgezogen, so dass er nur etwa 150 *m* hinter jener Stirnmoräne liegt. De Saussure hat die allmähliche Abnahme der Schnee- und Eisdecke in den westlichen Zentralalpen sehr gut beschrieben. Er schildert, wie die Gletscher I. Ordnung, die er bekanntlich zuerst unterschied, verschwinden, wie Gletscher II. Ordnung an ihre Stelle treten, wie zuletzt nur noch hier und da Schneefelder auftreten, von denen er indessen unrichtig sagt, sie lägen auf den „sommités elevées“. Wie verhält sich nun die bald in Firn übergehende Schneedecke eines Gletschers zu dessen Bewegung? Ohne Zweifel macht sie diese Bewegung mit, aber doch nur so, wie eine Äpfelschale die allmähliche Schrumpfung des erst saftigen, dann austrocknenden Inneren des Apfels mitmacht. Man möchte sagen, sie macht diese Bewegung passiv mit. Für sich allein würde sie weder die gleitende, noch die fliessende Bewegung machen. Sie bewegt sich als Schale des Gletschers. Wo also durch raschere Bewegung das Volumen

Digitized by Google

des Gletschers sich vermindert, da wird sie sich verdicken, wo jenes, langsamer fortschreitend, seinen Querschnitt vergrössert, wird sie sich teilen und das reine Eis hervortreten lassen. Es wird, entsprechend der Bewegung des Gletschers, Stellen mit grösserer und andere mit geringerer Schnee- und Firnhülle geben, und der Zug dieser Schneewulste und Eisbuckel wird in Übereinstimmung mit den Bewegungsgesetzen des Gletschers stehen. Als Welden bei der ersten Monte Rosa-Besteigung in einer Eishöhle übernachtete, fiel ihm der Wechsel blauen und weissen Eises auf, den deren Wände zeigten. Seitdem ist dieser Wechsel, welcher auf dem Vorkommen dichteren Eises in lufthaltigeren, daher weisserem, beruht, immer häufiger beobachtet worden, und er gehört jetzt zu den anerkannt allgemeinen Eigenschaften der Gletscher, welche im unteren Abschnitte derselben häufig sind. Man kennt die sog. Blaublätterstruktur von grönländischen und neuseeländischen, von norwegischen und Himalaya-Gletschern Sie ist um so leichter zu beobachten, als an der Oberfläche der Gletscher die blauen Bänder mehr hervorragen als die weissen, denn jene sind schwerer schmelzbar als diese. Überhaupt ist der Farbenunterschied nur ein äusseres Symptom, das Wesentliche ist der Unterschied der Dichtigkeit. Man kann Handstücke vom Gletschereis schlagen, die diese Bänderung erkennen lassen, und man kann aber auch über ganze Gletscher weg einen Wechsel von blauen und weissen Eisgürteln verfolgen. Die Flächen, in denen Eis von verschiedener Dichtigkeit und Farbe sich begegnen, fallen meist an den Seitenwänden flach ein, während sie in der Mitte steil stehen. In der Mitte stehen sie häufig längsweis, am Fusse quer und steil. Im Querschnitte eines Gletschers ordnen sie sich fächerförmig. Am Gletscherende fallen sie fast mit der Gletscheraxe zusammen oder sind aufgebogen, während sie weiter oben steil bergwärts einfallen. Die Streifen sind oft auf das wunderlichste gebogen und gefaltet Man darf in dieser Struktur nicht die Fortsetzung der Firnschichtung sehen, mit welcher sie oft irrtümlich zusammengeworfen wurde. Sie ist vielmehr auf die Zufuhr ungleich dichten Materials beim Aufbaue des Gletschers, auf die verschiedengradige Verdichtung dieses Materials zurückzuführen und hängt eng zusammen mit den Spalten, welche Luft, Schnee und Wasser in das Innere des Gletschers eintreten lassen. Durch die Gletscherbewegung nehmen dann diese Unterschiede den Charakter der Schieferung an. Wenn man von einer der Höhen, welche Gletscher umgeben, herabschaut, erblickt man ausser den Spalten und ausser dem Wechsel des blauen und weissen, des klaren und trüben Eises, der schuttbedeckten und freien Stellen auch Querstreifen, welche auf dem oberen Teile des Gletschers geradlinig querüber laufen, um weiter unten immer stärker sich auszubiegen, bis sie endlich selbst spitzbogig werden, wobei die Konvexität oder der Winkel immer nach vorn gerichtet ist. Nach Heim lässt der Glacier de Ferpècle (Wallis) 30 solche Schmutzbänder erkennen, Tyndall zählt auf dem Gl. de Tacul zwischen dem Sturze des Gl. de Géant und dem Gl des Bois 30 bis 40 derselben. Nicht auf allen Gletschern ist diese Erscheinung gleich deutlich ausgebildet. Wo man sie aber wohl erkennen kann, erinnert sie an die Querwellen, welche ein stufenförmig gebildetes Strombett in Gestalt querverlaufender Wellen an der Oberfläche des Stromes hervorbringt. Das Material dieser Schmutzbänder besteht aus Staub und Sand und ist durch das Schmelzwasser der Gletscheroberfläche in schlammartigen Zustand versetzt Diese Schmutzbänder der Gletscher werden als oberflächliche Erscheinungen bezeichnet. Man hackt in die Tiefe des Eises und findet, dass sie sich nicht in dieselbe fortsetzen. Insofern sie aber nicht auf der Oberfläche liegen, sondern in das Eis des Gletschers eingeschmolzen sind, möchte es besser sein, diese Oberflächlichkeit nicht in dem Sinne zu fassen, als ob die Schmutzbänder überhaupt in keiner tieferen Verbindung mit dem Wesen, der Entstehung des Gletschers stünden. Sie gehören im Gegenteile zu den Erscheinungen, deren Beobachtung das Wesen des Gletschers besser würdigen lehrt. Indem die dunkeln Körperchen in das Eis

Digitized by Google

einschmelzen, werden sie gegen Wegführung geschützt, bleiben immer in derselben Eismasse und machen die Bewegungen des Gletschers mit. In die Tiefe des Gletschers setzen sie sich nicht fort. Sie sind teils als ein oberflächliches Symptom der inneren Struktur des Gletschers aufzufassen, indem sich der Staub immer da ansammelt, wo zwischen dichtem und lockerem Eise sich eine Furche bildet, teils sind sie als ein Residuum der jährlich wiederkehrenden und jährlich abschmelzenden Schneedecke zu betrachten. James D. Forbes, welcher den Schmutzbändern des Gletschers zuerst ein grosses Gewicht wegen ihrer Andeutung der „fluit motion" beilegte und sie mit den Schaum- und Schmutzlinien auf der Oberfläche langsam fliessenden Wassers vergleicht, führt ihren Ursprung auf Schmutz zurück, den Moränen und das Wetter über die poröseren Teile des Gletschers ausbreiten, während derselbe von den härteren Teilen des Eises sofort weggespült wird. Er betrachtet sie also als Symptome der inneren Struktur des Gletschers und erkennt in ihren verlängert parabolischen Formen die Schnittlinien der konoidischen Formen des Gletscherinneren mit der Gletscheroberfläche. Wenn in einem Gletscher ein Absturz vorkommt, findet man Schmutzbänder oft unterhalb desselben, nicht aber auch oberhalb. In dem Absturze ordnet sich das Eis des Gletschers mehr oder weniger stufen- oder kaskadenförmig, der Schnee bleibt in den Winkeln der Stufen liegen, während er auf den Kanten rascher abschmilzt, so konzentriert sich der Staub in den Winkeln, und beim Vorrücken findet man ihn dann zu Querlinien geordnet zwischen den Eiswülsten, welche die letzten Reste der Eisstufen darstellen. Von zusammengesetzten Gletschern besitzt einer die Schmutzbänder, der andere nicht, und leicht verfolgt man bei jenen ihre Bildung bis zu einem Absturze (Tyndall).

Staubfälle sind allgemein, sie werden ihre Spuren daher in der ganzen Ausdehnung des Gletschers und seiner Firnmulde hinterlassen. Durch Konzentration derselben auf bestimmte Stellen der Gletscheroberfläche entstehen die Schmutzstreifen, und zwar beginnt die Konzentration mit der Schneeschmelze, welche eine Verdichtung des Staubes durch vertikales Zusammenrücken seiner Teilchen hervorbringt, bis dieselben dem Eise aufruhen und durch das schmelzende Wasser über dasselbe hin verteilt und in allen Vertiefungen abgelagert werden. Nun verbinden sie sich, indem sie einschmelzen, inniger mit dem Eise und wirken ebensowohl auf dasselbe zurück, als sie ihrerseits von den Bewegungen des Eises erfasst und mitgezogen werden. Sie wirken auf dasselbe zurück, indem sie Unebenheiten nach dem Masse ihrer Wärmeleitung herausbilden, und spiegeln in ihrer Verteilung die Stärke und Richtung der Bewegungen im Gletscher ebenso treu wieder, wie der Schaum an der Oberfläche eines Stromes die Wellen und Wirbel abbildet. Kleine Gletscher, welche in einer Region gelegen sind, wo sie in ihrer Gesamtheit noch stark unter dem Einflusse der atmosphärischen Humusbildung stehen, sind über und über schwarz- bis silbergrau, fast jedes Stück Eis von der Oberfläche färbt die Hände schwarz wie Kohle, und die Schmutzbänder sind klassisch entwickelt.

Dass Gletscherspalten und -löcher auch anderen Faktoren als der ungleichmässigen Bewegung ihr Dasein danken, lehrt jeder Blick auf einen möglichst ebenmässigen, d. h. nicht allzutief zerklüfteten Gletscher, über dessen Oberfläche die Bäche des Schmelzwassers hinstürzen. Die letzteren erweitern zunächst alle die Spalten, welche vielleicht als Sprünge ohne beträchtliches Auseinandergehen ihrer Ränder verharren würden, sie graben sich aber, begünstigt durch Schmelzhöhlen in der Eisoberfläche, auch Thäler in das Eis. Alte Gletschermühlen, welche über die Stelle, wo sie bis auf den Boden des Gletschers reichten, weggerückt sind, schliessen sich, indem sie sich fortbewegen, und sind nur noch spaltenähnliche Löcher, deren Tyndall sechs in einer Reihe übereinanderliegend gezählt haben will. Die oft an den Querschnitt einer Voluta erinnernden Windungen des Kanales eines Gletscherbaches zeigen, wie launenhaft die erodierende Thätigkeit

Digitized by Google

des letzteren wirkt. Über die Schnelligkeit dieser Wirkung liegt keine Beobachtung vor, aber H. George führt einen Fall an, wo eine mit dem Pickel gemachte kleine Öffnung eines Eiswasserbeckens in Zeit eines Tages „a deep cheft“ geworden war, durch die ein ganzer oberflächlicher Bach sich ergoss. Kleine Gletscher besitzen keine mächtigen Spaltennetze, sondern halten sich auch in dieser Beziehung in den Grenzen ihrer Dimensionen, aber sie stehen unmittelbarer unter dem Einflusse ihrer Unterlage und Umfassung, der sich in zahlreichen kleineren Spalten äussert. Am Mädelegabelferner sind radiale Randspalten in dem sich verbreiternden unteren Teile vorhanden, dann Querspalten häufig in dem 10—12° Neigung zeigenden unteren Drittel, und weniger weiter oben, endlich ein System zahlreicher geschwungener Spalten, welche von der Stelle an auftreten, wo zwei Gefällsrichtungen in nahezu rechtem Winkel auseinandergehen. Nur diese letzteren erlangen eine bedeutende Breitenentwicklung, denn sie werden bis 4 *m* breit Mit geschwungenen, aus blauem und weissem Eise bänderigen Wänden in den mächtigsten Teilen des Gletschers in die Tiefe sich senkend, gewähren diese Spalten mit ihren Eiszapfen, durchbrochenen Eisplatten, Kaskaden und nie endenden Tropfbewegung einen echt gletscherhaften Anblick. Das starke Gefäll lässt Wasser von höheren Teilen des Gletschers an denselben Stellen aus spindelförmigen, kurzen und schmalen Spalten aus der Tiefe treten, mehr aber noch gegen den Unterrand des Ferners zu, wo in einer Linie Dutzende von kleinen Höhlungen auftreten, in denen Schmelzwasser der Oberfläche versinkt. In grösserer Zahl als die offenen Spalten sind die geschlossenen zu finden, welche besonders durch die Verwerfungen ausgezeichnet sind, welche ihre beiden Ränder merklich an Höhe verschieden sein lassen. An solche Ränder setzen sich gern die Schmutzstreifen an, und an einigen Stellen sieht man sogar die Grundmoräne hier herausgequetscht.

Die Gletschererosion hat lange die Rolle eines wissenschaftlichen Schlagwortes gespielt. Die einen sagten: es giebt eine Gletschererosion, die anderen: die Gletschererosion ist unmöglich; jene sagten, ein Gletscher hat den Genfer See ausgehöhlt, während diese auf die Gletscherzungen hinwiesen, welche über lockeren Schutt weggingen, ohne ihn auch nur zu stören. Selbst der weise Pallas liess sich zu der Behauptung hinreissen, der Granitfels, auf welchem das Denkmal Peters des Grossen stehe, sei viel zu schwer, um je vom Wasser transportiert worden sein zu können. Dass aus solchen Beispielen, die bei Gletscherzungen von 5 *m* Dicke vorkommen, auf Fälle geschlossen wurde, wo man die 600fache Mächtigkeit voraussetzen durfte, macht die Sache nicht klarer. Es giebt unzweifelhaft drei verschiedene Arten der Gletschererosion: Der Gletscher bearbeitet seinen Boden, indem er Sand und Steine an demselben hinbewegt, das Wasser im Gletscher spült den Boden ab und transportiert den Schutt, der Gletscher selbst ist ein grosser Transporteur. Untersucht man die freigelegten Teile eines Gletscherbodens, so zeigt sich, dass in den höher gelegenen Teilen die Schrammen einen unbestimmteren, stumpferen, seichteren Charakter besitzen, und sie sind unter der Lupe oft nur durch ihre etwas lichtere Farbe zu unterscheiden. Abgeschliffen sind nur die am meisten vorspringenden Ecken, aber nicht stark, sondern nur wie von schwacher, träger, aber lang fortgesetzter Reibung. Es ist mehr Abnutzung als Schliff. Kleine Unebenheiten sind geblieben, nur ihre Oberfläche ist angerieben. Die einzelnen Striche sind wie verwischt. Weiter unten findet man dagegen in gleicher Richtung schon wahre Politur, ganze Felsbänke sind abgeglättet, und die Spiegelflächen glänzen beim Dolomit oft sogar metallisch Ein Eisstrom, der über eine Felsenstufe sich wälzt, erfährt eine Stauung am Fusse dieser Stufe, weil der vorangehende Abschnitt des Stromes sich auf geringerem Gefälle langsamer bewegt Dadurch wird die Reibung des Gletschers und seiner Grundmoräne am Boden des Bettes an dieser Stelle vermehrt, und wir finden daher gerade hier bei

eisgehöhlten Becken die tiefsten Ausschachtungen. Die grösste Tiefe solcher Becken liegt also im oberen Teile, und es ist dies besonders bei den sog. Staffelseen häufig nachgewiesen."

Die Frage der Gletschererosion ist von Blümcker und Finsterwalder experimentell angegriffen worden[1]. Gesteinsproben wurden mit Wasser in eine starke Röhre aus Bronze eingeschlossen und der Frosttemperatur ausgesetzt. Die Temperatur wurde so geregelt, dass bei Anwendung eines Druckes von 80 Atmosphären Verflüssigung des Eises eintreten musste. Die Untersuchung zeigte dann, dass das sich abtrennende Material in bezug auf Qualität gleich demjenigen war, welches ohne Druckänderung, lediglich durch den Prozess des Gefrierens und Auftauens abgetrennt wird. Der Gletschergrund muss also auch infolge der Temperaturänderungen, welche den Veränderungen des Druckes entsprechen, ebenso verwittern wie freiliegendes Gestein in höheren Lagen.

Die Vergletscherung der österreichischen Alpen ist infolge einer Preisausschreibung von Penck, Böhm und Brückner in einer grossen Bearbeitung dargestellt worden. Diese Bearbeitung wird demnächst veröffentlicht. Inzwischen ist folgendes gemäss der Darstellung der Preisrichter eine Übersicht der Hauptergebnisse der Arbeit[2]. 1. Es wird die Grenze der alten Gletscher im nördlichen Alpenvorlande östlich der Mattig, ferner im Mur-, Drau- und Savethale zum ersten Male beschrieben. Sehr wesentlich berichtigt werden die bisherigen Angaben über die Enden des Enns-, Isonzo-, Piave- und Brentagletschers, so dass sich nunmehr zum ersten Male die gesamte eiszeitliche Gletscherentwickelung in den Ostalpen überblicken lässt. Dieselbe war im Norden intensiver als im Süden. Dies offenbart sich einerseits in dem Umstande, dass man im Norden ein zusammenhängendes Inlandeis zwischen Bodensee und Attersee hatte, während sich im Süden nur einzelne Gletscherzungen in das Vorland schoben, andererseits geht dies aus der Erfahrung hervor, dass die nordalpinen Eismassen sich über Reschenscheideck, das Pfitscherjöchl, den Katschberg, die Turracherhöhe, den Fladnitzsattel, die Pässe südlich von Murau und den Neumarkter Sattel in das Bereich der südlichen Thalflucht ergossen. Ferner war die Gletscherentwickelung im Westen intensiver als im Osten, wo es östlich von 32° 30′ ö. L. v. F. in den Alpenthälern zu keiner zusammenhängenden Vergletscherung mehr kam, so dass das östliche Alpenvorland nirgends vom Eise betreten wurde.

2. Allenthalben im Norden, Osten und Süden lassen sich äussere lösslehmbedeckte Moränen von morphologisch hervortre-

[1] Sitzungsber. der bayrischen Akad. d. mathem. u. naturw. Klasse 20. Heft 3. p. 435.

[2] Mitt. d. Deutschen und Österreich. Alpenvereins 1890. Nr. 20.

Digitized by Google

tenden Erdmoränen sondern. Sowohl durch gelegentliche Überlagerung als auch durch ihr verschiedenes Verhältnis zu den Niederterrassenschottern lässt sich allenthalben nachweisen, dass die äusseren Moränen einer älteren Formation angehören als die jüngeren Moränen. Überdies findet sich im Norden nur durch Schotter, im Süden auch durch Moränen eine dritte Glacialformation angedeutet, welche älter ist als die der äusseren Moränen. Die Lössbildungen finden sich im südlichen wie im nördlichen Alpenvorlande lediglich über den äusseren und in den gesamten Ostalpen nirgends über den inneren Moränen.

3. Auch innerhalb des Gebirges lassen sich verschiedene Glacialformationen trennen. Zu den bereits früher bekannten Profilen, von denen das von Hötting neuerlich untersucht wurde, gesellen die vorstehenden Darlegungen solche bei Bürs im Illthale, solche bei Bruggen und Villach im Drauthale, bei Ambezzo im Tagliamentothale, bei Cadola im Piavethale.

4. Diese Verhältnisse lassen sich am besten durch die von Penck geäusserte Ansicht, dass mindestens drei Vergletscherungen, von denen die vorletzte an Umfang die grösste gewesen ist, erklären. Ist es gestattet, aus der Mächtigkeit von Verwitterungsprodukten auf die Dauer der Verwitterung zu schliessen, so bekunden die zwischen dem Decken- und Hochterrassenschotter und zwischen diesem und dem Niederterrassenschotter südlich von München, ferner die zwischen den ältesten und den älteren (äusseren) und zwischen letzteren und den jüngeren (inneren) Moränen im Chiesethale auftretenden mächtigen Verwitterungslehme im Vergleiche zur dünnen Verwitterungslehmschicht auf den Schottern und Moränen der jüngsten Vergletscherung, dass eine viel längere Zeit zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Vergletscherungen verging, als nach der letzten Vereisung bis zur Gegenwart verstrich.

5. Alle Vergletscherungen sind jünger als die jungtertiären Schichten des nördlichen Alpenvorlandes, namentlich als die Schichten mit Hipparion gracile, und im südlichen Alpenvorlande ergiebt sich keinerlei Anhaltspunkt dafür, dass sich je Gletscher in ein pliocänes Meer schoben. Fossilien in dem ältesten der drei Schotter des Alpenvorlandes erweisen dessen und somit auch aller Vergletscherungen diluviales Alter auf das bestimmteste.

6. Das Niveau der Gletscheroberfläche sank während der Eiszeit im allgemeinen von der Axe des Gebirges nach dessen Rändern, und die allgemeine Regel ist, dass die Gletscher der Zentralalpen über die unter ihrem Niveau gelegenen Pässe der Kalkalpen eindrangen. Eine Ausnahme erleidet diese Regel dort, wo die in den Kalkalpen sich entwickelnden Gletscher so mächtig waren, dass sie den zentralalpinen Gletschern den Eintritt zu wehren vermochten, wie z. B. in den Berchtesgadener Alpen, im Gebiete der österreichischen Traun, und im Bereiche der Süd-

tiroler Dolomiten. Dort, wo die Kalkalpen sich im Vergleiche zu den Zentralalpen besonders mächtig erheben, wie z. B. die Julischen Alpen, erleidet die Regel eine völlige Umkehrung, und hier entsandten die Kalkalpen ihre Gletscher in die Zentralalpen, im gegebenen Falle in das Klagenfurter Becken, wo die Eisoberfläche mindestens 300 *m* tiefer lag als am Rande der julischen Alpen.

7. Die Schneegrenze lag während der letzten Glacialformation durchschnittlich mehr als 1000 *m* tiefer als heute, und zwar ebenso wie heute am Saume des Gebirges, wo sie durchschnittlich 1300 *m* hoch lag, tiefer als in dessen Mitte, wo sie 1500—1700 *m* hoch lag.

Ein Gebiet abnorm niedriger Lage der eiszeitlichen Schneegrenze stellen die nordöstlichen Salzburger Kalkalpen dar, wie aus folgender Aufzählung erhellt:

Höhe der Schneegrenze während der letzten Vergletscherung: Altbayerische Alpen ca. 1300 *m*, Niederösterreichische-Salzburger Alpen ca. 900 *m*, Österreichische Kalkalpen ca. 1300 *m*. Norische Alpen 1500—1700 *m*, Fischbacher Alpen 1300 *m*, Karawanken 1500—1700 *m*, Venetianer Alpen ca. 1300 *m*. — Die Sohle der Kare stimmt nur am Saume der Alpen annähernd mit der glacialen Schneegrenze überein.

8. Die Gebiete der alten Gletscher besitzen einen durchaus regelmässigen Aufbau. In deren Betten abwärts wandernd, erreicht man nahe deren Ende: a. eine Depression, die Zentraldepression genannt wurde, und welche umspannt ist von einem b. Moränenwalle, vor welchen sich legt c. eine nach aussen sich abdachende Schotterfläche.

Der Boden der Zentraldepression sinkt in der Regel unter das Niveau des Sockels von Moränenwall und Schotterfläche herab; er ist eingenommen von einer postglacialen Schotterfläche oder einem Moore oder meistens von einem See, und nach ihm richtet sich, in manchen Fällen geradezu dem Gebirge entgegenfliessend, der Lauf zahlreicher Gewässer. Die Lage der Zentraldepression ist lediglich durch die Lage des Gletscherendes bestimmt und wird in keiner Weise vom Gebirgsbaue direkt beeinflusst. Manche Zentraldepressionen liegen ganz im Gebirgsvorlande (Isargletscher), andere teilweise (Gardasee), die dritten nahe dem Rande des Gebirges (Attersee, Traunsee), die vierten mitten in den Alpen (Draugletscher). Sowohl an der Aussenzone als auch an der Innenzone, sowie auch an dem seitlichen Abbruche des Faltungsgebirges treten diese häufig seeerfüllten Depressionen auf. Es liegt daher nicht der mindeste Grund vor, diese Depressionen nebst ihren Seen direkt auf tektonische Ursachen zurückzuführen. Nur bei wenigen Gletschern (Save und Piave) ist die Entwickelung der Zentraldepression verkümmert.

Digitized by Google

Der die Zentraldepressionen teilweise umrandende Moränenwall wirkt gewöhnlich als Wasserscheide und sondert „zentripetale“ und „zentrifugale“ Gerinne. Nicht selten hindert er Flüsse, der Zentraldepression direkt zuzufliessen, und zwingt dieselben, letztere zu umgehen, wie z. B. die Aurach am Traunsee, die Gurk am Klagenfurter Becken, den Rotweinbach am Veldessee, den Chiese und Tasso am Gardasee. In den also gleichsam abgedämmten Flussthälern werden gewöhnlich sehr mächtige Schotterablagerungen angetroffen.

Die Schotterfläche ist gewöhnlich wasserarm, meist ohne permanente Rinnsale wegen der Porosität ihres Materiales. Schotter und Moränen gehen an ihrer Grenze durch Wechsellagerung in einander über, und in manchen Fällen (Save- und Draugletscher) setzt sich dabei der Moränenwall nicht deutlich von der Schotterfläche ab

9. Die eben erwähnte Regelmässigkeit im Aufbaue der Gletschergebiete wird dadurch etwas beeinflusst, dass sich in der Regel mehrere Vergletscherungen an der Herstellung derselben beteiligten. Es lassen sich zwei hierdurch bewirkte Modifikationen im Aufbaue unterscheiden:

a. Der nordalpine Typus. Die Moränenwälle und Schotterflächen der einzelnen Vergletscherungen sind ineinander geschachtelt und treten nebeneinander auf.

b. Der südalpine Typus. Moränen und Schotterflächen der einzelnen Vergletscherungen lagern übereinander, und die jüngeren Ablagerungen verhüllen die älteren fast vollständig.

In beiden Fällen trifft man im Bereiche der Zentraldepressionen Schotter mit Deltastruktur, die als Ausfüllung jener Depressionen zu betrachten sind, und denen dementsprechend ein inter- oder postglaciales Alter zuzuweisen ist.

10. Die Eigentümlichkeiten im Aufbaue der Gletschergebilde lassen sich einzig und allein durch die Annahme erklären, dass die Gletscher in ihren Betten bis zum Bereiche der zentralen Depressionen erodierten, und dass sie weiter unterhalb Moränen und ihre Wasser die Schotterflächen akkumulierten.

11. Oberhalb der Zentraldepressionen finden sich in den Hauptthälern keine Endmoränen. und erst nahe den Thalwurzeln begegnet man von neuem Moränenwällen.

Hieraus ist zu schliessen, dass der Rückzug der letzten grossen Vergletscherung ein ziemlich rascher gewesen ist, mindestens bis zu einem Stadium sehr unbedeutender Gletscherausdehnung, welches als das der postglacialen bezeichnet wurde, und während dessen die Schneegrenze mindestens 300 *m* höher lag als während der letzten Vergletscherung.

12. Oberhalb der Zentraldepressionen treten Glacialschotter immer nur örtlich im Konnexe mit Moränen auf, und zwar unter Lagerungsverhältnissen, welche eine allgemein verbreitete Schotter-

ablagerung vor Eintritt der Vergletscherung im Gletschergebiete nicht wahrscheinlich machen.

Mutmasslich ist der grösste Teil der hierhergehörigen Ablagerungen ähnlich entstanden, wie die unter 8. erwähnten, in den durch Moränen abgedämmten Thälern lagernden Schotter.

13. Die glacialen und interglacialen Bildungen der Ostalpen sind bislang vielfach als tertiäre aufgefasst worden und ein grosser Teil des ostalpinen Neogens, nämlich alles inneralpine, das in das Bereich der Nordabdachung oberhalb Wien fällt, ein namhafter Teil des Mürz- und Murthaler Neogens, alles angebliche Neogen im Drauthalgebiete oberhalb Villach, ein Teil des Neogens im Savethale, teilweise Taramelli's Alluvione sarmatica im Tagliamentogebiete etc. gehören zum Diluvium. Das Villafranchiano des Gardasees gehört grösstenteils zum Diluvium, teilweise zum Miocän. Neogene Schichten dringen nirgends in die Thäler der Nordostabdachung, wohl aber in die der Ost- und Südabdachung der Alpen in bescheidenem Masse ein.

14. Andererseits erweist sich das sogenannte erratische Diluvium von Pitten in Niederösterreich als eine umgelagerte tertiäre Bildung, und mehrfach sind Bergsturztrümmer für Moränen angesehen worden (Etschgebiet, Piavegebiet).

15. Die postglacialen Bildungen sind in den Thälern der Südalpen weit beträchtlicher als in denen der Nordalpen. Postglaciale Alluvionen dämmen in den Südalpen mehrfach Seen ab, wie z. B. den Kalterersee bei Bozen. Nennenswerte Seen (Cavedine, Toblino) sind hier Reste von Seen, die von Bergstürzen aufgestaut wurden. Hand in Hand geht hiermit eine viel grössere Zerstörung der Glacialbildungen als in den Nordostalpen.

16. Weder von Baron von Czoernig, noch von Gumprecht ist die Natisonefrage richtig behandelt worden.

17. Die Niveauverhältnisse der Schotterterrassen erweisen, dass Alpen und Alpenvorland seit der Glacialperiode keine beträchtlichen Dislokationen erlitten haben können, lediglich im Bereiche der schwäbischen Diluvialplatte finden sich Andeutungen glacialer Krustenbewegung. Inwiefern die besonders niedrige Lage der Gletscheroberfläche im Sterzingerthale und die auffallend geringe Höhe der glacialen Schneegrenze in den Salzburger Kalkalpen etwa durch Senkungserscheinungen erklärt werden können, haben spätere Untersuchungen zu entscheiden.

Ehemalige Gletscher des Lalathales im Rodnaer Gebirge. Dr. F. W. Lehmann fand [1]), dass am Ostabhange des Ineu (Kuhhorn), 2880 *m*, sich einst ein Gletscher von 2.5 *km* Länge ins Lalathal bis zu 1620 *m* abgesenkt hat. Aus zwei

[1]) Peterm. Mitteil. 1891, Heft 4.

Digitized by Google

Firnfeldern gespeist, war er mächtig genug, über einen in der Mitte seines Weges liegenden Absturz von 100 *m* Höhe hinweg seinen Zusammenhang zu wahren. Die österreichische Generalstabskarte, auf der die Trümmerbildung der Moräne als Schuttansammlung angedeutet ist, giebt als Höhe der Moräne 1500 *m* und die eines oberhalb gelegenen kleineren Sees mit 1700 *m* an, während die von Dr. Lehmann gegebenen und von Dr. Freiherrn v. Danckelmann berechneten Daten 1620 *m* und 1840 *m* ergeben.

Die jetzige Zunahme der Gletscher in der Ortlergruppe ist von Dr. S. Finsterwalder geschildert worden[2]). Seit mehr als 30 Jahren befanden sich alle Gletscher der Ostalpen im Stadium des Rückganges, während in den Westalpen schon seit 10 Jahren ein immer allgemeiner werdendes Wachsen der Gletscher begonnen hatte, und 1889 auch ein Vorschreiten der Gletscher der Montblancgruppe beobachtet werden konnte. Mehr und mehr dehnt sich die Region, in welcher vorgehende Gletscher vorkommen, von West nach Ost aus, und in jüngster Zeit hat sie thatsächlich die Grenzen der Ostalpen überschritten. Es kann keinem Zweifel mehr unterliegen, dass das Wachsen der Gletscher im Ortlergebiete teils vollendete Thatsache ist, teils nahe bevorsteht. Stellen wir zunächst die Notizen zusammen, welche sich hierüber in der Litteratur vorfinden. Im Jahre 1884 erwähnt Herr Gobbi aus Stelvio eine Vergrösserung der Gletscher des Monte Cristallo, die etwa im Jahre 1882 eingetreten sei[3]). Im Jahre 1885 veröffentlicht Herr G. Becker Beobachtungen, welche eine merkliche Vergrösserung des Rosimferners erwarten liessen[4]). Ein Jahr später konnte Hr. Finsterwalder mit Herrn Dr. Schunck ein erhebliches Anwachsen des Ortlerzuflusses am Suldenferner nachweisen und das Eintreten eines stationären Zustandes am Madatschferner wahrscheinlich machen[5]). Im Jahre 1888 bestätigte Prof. A. Penck die Fortdauer der von Becker beobachteteten Erscheinungen am Rosimferner, während die von verheerenden Überschwemmungen begleiteten Erscheinungen der Jahre 1888 und 1889 am Fürkele- und Zufallferner, welche Prof. E. Richter und Dr. Finsterwalder beschrieben, auf ein Wachsen der Gletscher des Martellthales gebieterisch hinwiesen[6]).

Am Süldenferner konstatierte Dr. Finsterwalder allenthalben Spuren von Firn- und Eiszunahme, obgleich sich die Zungenspitze zunächst noch verkürzt. Der Zufallferner liess beim Nachmessen ein Vorschreiten um 8 *m* erkennen. Der Madatschferner zeigte sich seit 9 Jahren stationär. „Anders ist die Sachlage beim

[2]) Mitt. des deutsch. und österr. Alpenvereins 1890. Nr. 21.
[3]) IV. Rapport Forel's im Jahrbuche des Schweizer Alpenklubs 1884.
[4]) Peterm. Mitteil. 1886. p. 257.
[5]) Ebenda 1886. p. 212; 1887, p. 218.
[6]) Ebenda 1889. p. 230 u. 291; Zeitschrift f. Meteorol. 1890. p. 21.

unteren Ortler- und Trafoierferner. Der erstere von beiden erreichte zur Zeit des letzten Maximums die Thalsohle und hat dort einen typisch entwickelten, bogenförmigen Endmoränenwall von ca. 60 *m* Durchmesser hinterlassen. Wie indessen aus der Verteilung der Vegetation und der Schliffwände hervorgeht, hatte der Gletscher in einer früheren Periode (wahrscheinlich zu Anfang dieses Jahrhunderts) eine wohl dreimal breitere, jedoch nicht viel längere Zunge von ähnlicher Gestalt wie der bekannte, jetzt verschwundene Abschwung des Mandrongletschers in das Thal von Bedole. Der untere Ortlerferner gehört somit gleich Sulden- und Madatschferner zu den Gletschern, bei welchen der erste Maximalstand dieses Jahrhunderts grösser war, als der zweite. Bis zum Jahre 1866 hatte sich, nach J. v. Payer's Karte der westlichen Ortleralpen, die stark an Breite reduzierte Zunge um ca. 100 *m* zurückgezogen. Nach einer Photographie von Jägermayer lag das Ende im Jahre 1876 ca. 250 *m* über der Thalsohle und 500 *m* hinter der letzten Endmoräne. Von 1876 bis 1881 hat sich der Stand des Ferners äusserst wenig geändert, wie eine zweite Aufnahme von Jägermayer bezeugt. Die Zunge ist merklich (bis auf 20 *m*) verschmälert, reicht aber eine Kleinigkeit tiefer herab. Nach einer Photographie (1890) hat sich dieselbe um ca. 120 *m* neuerdings verlängert und auch stark verbreitert. Touristen erzählen von mancherlei auffallenden Umwälzungen, die in den letzten Jahren in den höheren Teilen der Zunge vor sich gegangen sind. Der untere Ortlerferner ist daher im Vorgehen. Die Schwankungen des Trafoierferners, der dem vorigen unmittelbar benachbart ist, spielen sich in engeren Grenzen ab. Dieser Ferner erreichte nie das Hauptthal, sondern sandte nur eine ganz schmale Zunge in den tiefen Erosionskanal des Baches herab, von welcher zwar auch ein 500 *m* langes Stück seit dem letzten Maximum abgeschmolzen ist. Zwischen den Ständen von 1876 und 1881 ist ein Unterschied nicht zu erkennen, dagegen hat bis 1890 eine geringe Vergrösserung in Länge und Breite stattgefunden. Wir dürfen also auch den Trafoierferner zu den vorschreitenden zählen."

Uraltes Gletschereis im nordöstlichen Sibirien. Über das Bodeneis Sibiriens haben die Forschungen von Dr. A. Bunge und Baron v. Toll im Mündungsgebiete der Lena und auf den neusibirischen Inseln wichtige Aufschlüsse ergeben. Baron v. Toll hat auf dem 9. deutschen Geographentage zu Wien über diese Verhältnisse sich eingehend verbreitet. Nach seinen Untersuchungen besteht das Bodeneis oder besser „Steineis" Sibiriens aus uralten Eismassen von ungeheurer Dicke, welche oberflächlich von Lehm überdeckt sind. In diesem Lehme, der örtlich auf breiten Spalten zwischen die Eismassen gedrungen ist, finden sich auch die Reste der quartären Dickhäuter, wie jenes Mammut, das 1799 unweit des Lenadeltas aufgefunden wurde. Die süd-

Digitized by Google

lichste von den neusibirischen Inseln, heute einer der ergiebigsten Fundorte für Elfenbein, ruht völlig auf ungeheuren Steineismassen und müsste zerfliessen, wenn die Bodentemperatur über Null stiege. Jene Eismassen sind nach Baron v. Toll's Ansicht Produkte der Eiszeit, Reste eiszeitlicher Gletscher, ähnlich dem neulich entdeckten fossilen Gletscher in Alaska, der bewegungslos, gleichsam erstorben heute unter Schutt und Lehm begraben liegt [1]).

Über die Gletscher des Kaukasus hat sich Dinning auf Grund eigener Untersuchungen verbreitet [2]). Der Hauptkamm des Kaukasus nimmt die Mitte zwischen den Gebirgen Zentralasiens und Zentraleuropas ein, wobei die östliche Hälfte des Kaukasus mehr an Asien, die westliche mehr an Europa erinnert. — Der Hauptkamm des Kaukasischen Gebirges erstreckt sich in einer Ausdehnung von 1420 Werst (etwa 1500 *km*), von welcher nur 300 Werst mit ewigem Schnee bedeckt sind. Die ersten Gletscher im Westen liegen auf dem Oschten-Gipfel. Zwischen ihm und den Quellen des Maruch finden sich wenige und nur kleine Gletscher. Der Gletscher von Maruch ist der erste grosse im Westen. Die grössten Gletscher finden sich auf dem Hauptkamme zwischen dem Elbrus und dem Adai-Choch einschliesslich. Im Osten vom Adai-Choch und bis zum Kaspischen Meere giebt es auf dem Hauptkamme fast keine Gletscher. Die grössten Gletscher des Hauptkammes gruppieren sich nicht um den Elbrus und Kasbek, sondern in den Gebirgslandschaften von Bising, Balkarien und Digorien. Auf dem Südabhange liegen die grossen Gletscher (wenig erforscht) in Swanethien; diejenigen mittlerer Grösse jedoch an den Quellflüssen des Rion. Die Grenzlinie des ewigen Schnees im Kaukasus liegt etwa 1500 *m* hoch. Nur ein Gletscher des Kaukasus, der Karagom, geht bis unter 1800 *m* herab; nicht weniger als fünf bis unter 2100 *m*. Tiefer als die anderen gehen die in Digorien, dann in Swanethien, Ossetien und im Bezirke Naltschik der Provinz von Terek herab. Der grösste Gletscher des Kaukasus ist der von Bisingi (17 Werst = 18 *km* lang); dann folgen der Dych-sy und der Karagom. — Nach dem Umfange und der Grössee der Gletscher steht der Kaukasus hinter dem Himalaya und Karakorum sowie hinter den Alpen zurück; er übertrifft aber bei weitem die übrigen Gebirge Europas und Asiens. Die Grösse der Oberfläche der grössten Gletscher des Kaukasus steht nicht, oder kaum, derjenigen der grössten Gletscher der Alpen nach. — Zu Ende der vierziger Jahre sind die Gletscher des Kaukasus grösser geworden, während in den sechziger Jahren der umgekehrte Prozess stattfand, der sich bis in die siebziger und achtziger Jahre fortsetzte. Die Gletscher

[1]) Verhdlgn. d. 9. deutschen Geographentages zu Wien. Berlin 1891. p 53 u. ff.

[2]) Verhdlgn. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin. 1891. Nr. 8, p. 488.

Digitized by Google

der Eiszeit haben im Kaukasus sehr viele Spuren zurückgelassen. Sie haben etwa bis zu 600 *m* über dem Meeresspiegel hinabgereicht und sind bis in die Ebenen gedrungen, haben sich aber hier nicht ausgebreitet. In Mitteleuropa und Zentralasien dürften sie nicht unter 1500 *m* hinabgereicht haben. Forschungen in Swanethien und Abchasien, und in bezug auf die Gletscher der Eiszeit im Kubangebiet, im südöstlichen Küstengebiete des Schwarzen Meeres und in Abchasien können allein weitere Aufklärungen und Resultate ergeben.

Die Gletscher der Polargebiete schildert auf Grund reicher eigener Erfahrungen Ch. Rabot [1]). Er teilt diese Gletscher in drei Klassen, nämlich die alpinen, am Gebirge liegend, das Firnfeld durch deutliche Grate umschlossen mit mächtigen Eiszungen und starker Moränenentwicklung; dann die eigentlich polaren, ungeheuere, schneebedeckte Hochebenen, über die kein Fels hervorragt, mit zahlreichen, aus dem Firnfelde herabhängenden Eiszungen, welche in die Fjorde und Thäler reichen, dann eine dritte Klasse, welche die Eigenschaften der beiden vorhergehenden vereinigt zeigt. Eine Erosionswirkung der Gletscher leugnet Rabot völlig, die Grundmoränen sind überall, wo er sie studieren konnte, ganz unbedeutend gewesen. Den harten Granit oder Gneis anzugreifen, sei das Eis überhaupt nicht im stande. Die Detritusmassen, welche die grönländischen Eisströme fortführen, rühren nach Rabot durchaus nicht von der Abnutzung des Bodens her, sondern von dem Staub (Kryokonit), der die Oberfläche des Inlandeises bedeckt.

Als eine Art negativer Vergletscherung sind die sogenannten Eismulden oder „Tarinne“ im Gebirgslande von Sibirien zu bezeichnen. Sie wurden zuerst von F. v. Wrangell (1822–1823) beschrieben, später von Erman und Middendorff. Neuerdings hat K. v. Dietmar solche Eismulden in Kamtschatka beschrieben [2]). Er bemerkt, dass sie sich nur in solchen Thälern bilden, die muldenförmig ausgebogen sind oder doch horizontal liegen. Oberhalb derselben muss ein wasserreicher Quell münden, dessen Temperatur so hoch ist, dass er im Winter nicht friert. v. Dietmar fand Thäler mit solchen Eismulden, in deren Mitte verdorrte Lärchen standen, während gegen den Rand hin die im Eise steckenden Bäume noch grünten. Ähnliche Wahrnehmungen hat Lortsch in Ostsibirien gemacht. Heim bemerkt über die Entstehung der Eismulden [3]): „Der Boden von Nordsibirien ist tief hinab gefroren, seine mittlere Temperatur steht weit unter 0°. Eis zementiert Sand und Gerölle zu dauernden festen Sandstein- und Konglomeratschichten. Nur in den obersten Schichten

---

[1]) Bullet. Association française pour l'avenc. des Sciences 1891.

[2]) Reisen in Kamtschatka von K. v. Dietmar. 1. Teil. St. Petersburg 1891. p. 66.

[3]) Heim, Handbuch der Gletscherkunde p. 484.

Digitized by Google

taut der Boden im Sommer auf, der eisige Untergrund ist undurchlässig wegen seines Kältevorrates, er bringt eindringendes Wasser rasch zum Gefrieren. Selbst wenn die Luft über 0°, gefriert das Wasser der Quellen, wenn es sich auf dem kalten Untergrunde verbreitet. Wo Quellwasser vorhanden sind, ist bis zu einem gewissen Punkte das Wachsen des Eises durch die Kälte von unten überwiegend über das Abschmelzen. So überziehen sich ganze Thalmulden, wenn sie Quellen haben, mit dicken Eislagen, die nach ihrem Auftreten und Ansehen an die Kieselabsätze der Geysire von Nordamerika, Neuseeland u. s. w. erinnern. Schneewehen können die Eismulden noch verstärken. Das dichte, in den grossen Massen blaue Eis vermag in vielen Fällen nie mehr wegzutauen, und selbst grössere Quellen erschöpfen sich im Winter vollständig, im Sommer teilweise in Eisbildung. In den grossen Eismulden, welche v. Middendorf daher auch „Eisthäler" benannt hat, tritt das Wasser völlig als stabil gewordenes Gestein, als ein wichtiges Glied in den oberen Bodenschichten auf.

Ein näherer Vergleich zeigt das Gegensätzliche zwischen Gletschern und Eismulden. Die ersteren besorgen den Umsatz fester Niederschläge in flüssiges Wasser, die letzteren hingegen entstehen dadurch, dass flüssiges Wasser zu Eis wird. Gletscher binden Wärme im Verlaufe vom Hochschnee zum Gletscherbach und setzen Schnee und Eis in Wasser um; die Eismulden hingegen machen Wärme frei und fixieren dauernd Wasser zu Eis. Das Produkt des Gletschers ist ein Bach, die Eismulde ist das Produkt eines Baches. Das Gletscherthal ist meist eng, die Wände sind steil, die Sohle stark geneigt. Das Thal der Eismulde ist gewöhnlich breit, mit sanft geneigten Wänden, die Sohle desselben ist unbedingt muldenförmig oder horizontal. Während beim Gletscher in der Höhe des Thales die Vegetation auf niedrige Alpenkräuter und Gräser sich beschränkt, nimmt bei den Eismulden die Vegetation in der Regel nach der Höhe der Thalwände vom Eise an zu. Die Endmoräne des Gletschers entsteht und vergrössert sich nur durch das Vorrücken des Gletschers, trägt aber ihrerseits nie zur Vermehrung der Eismasse bei. Der Geröllwall am unteren Ende einer Eismulde entsteht nur durch Wasserkraft und muss, wenn er hoch ist, beträchtlich zur Eisvermehrung beitragen. Ob bei stärker geneigter Unterlage die Eismulden gletscherähnliche Bewegungen annehmen und Kornstruktur ausbilden können, darüber fehlen die Angaben.

Die voreinstige Eisbedeckung Kanadas ist von G. W. Dawson studiert worden[1]). Auf Grund seiner Untersuchungen kommt er zu dem Schlusse, dass innerhalb der Kordilleren ein Hauptmittelpunkt der Vereisung anzunehmen sei, von wo aus dieselbe nach Nordwesten bis zum Lewesflusse und nach

[1]) Transact. Roy. Soc. Canada **8.** Sect. IV. 1890.

Digitized by Google

Südosten bis 48° 20′ nördl. Br., westwärts bis zum Königin-Charlotte-Sund abgeflossen sei. Im östlichen Kanada bestand ein zweites Eiszentrum und zwischen beiden vielleicht eine schmale, eisfreie Landstrecke. Die Mächtigkeit des Eispanzers soll in den Thälern volle 1800 *m*, auf den Plateaus noch immer 600—900 *m* erreicht haben. Zur Erklärung der einzelnen Erscheinungen, der Terrassenbildung und der Entstehung der Flussthäler nimmt Dawson eine Anzahl von Bodenbewegungen an, die jedoch zu hypothetisch sind, um hier näher darauf einzugehen.

Die Höhe der Schneegrenze. L. Kurowski hat hierüber Untersuchungen angestellt, die zu einigen interessanten Ergebnissen führten [1]). Der Begriff der Schneegrenze ist von Bouguer zuerst in die Wissenschaft eingeführt worden, und man bezeichnet damit jene Höhenlinie, welche die überwiegend mit Schnee bedeckten Teile der Erdoberfläche von den vorwiegend schneefreien trennt. „Bouguer," sagt der Verf., „sah diese Grenzlinie als untere Schneegrenze an, und in Zukunft ist dieselbe auch in diesem Sinne aufgefasst worden. Erst viel später hat man die einzelnen Faktoren, welche die Höhenlage der Schneegrenze beeinflussen, näher kennen gelernt. Mehrere neuere Arbeiten haben die verschiedenen Phasen, welche die historische Entwickelung des Begriffes der Schneegrenze durchgemacht hat, klar gelegt, und dabei hat sich folgendes ergeben: Nach Bouguer fällt die Schneegrenze mit der Seehöhe der Isothermenfläche von 0° zusammen, und ihre Höhenlage ist von der geographischen Breite abhängig. Viel später noch hat auch Gundinger behauptet, dass die Höhe der Schneegrenze von der durchschnittlichen Jahrestemperatur abhänge, während nach Stapff die Schneegrenze in der Höhe der Geoisotherme von 0° liegt. Nach diesen Ansichten stellt sich die Schneegrenze als ein hauptsächlich in einer einzigen Ursache begründetes Phänomen lediglich als eine Temperaturerscheinung dar. Für die weitere Erkenntnis des Problems war Wahlenberg's und v. Buch's Beobachtung im Norden Europas von grosser Bedeutung, dass die Meeresnähe und der damit zusammenhängende Niederschlagsreichtum den Höhenstand der Schneegrenze herabdrücken, indem dieselbe auf der norwegischen Seite der skandinavischen Halbinsel um 300 *m* tiefer liege, als auf der schwedischen. Das Hauptgewicht legten aber diese beiden Forscher, sowie auch später Humboldt, auf die verschiedenen Temperaturverhältnisse während der Sommermonate in den Küstenstrichen und im Inneren des Landes. Humboldt verstand unter der unteren Grenze des ewigen Schnees in einer gegebenen Breite die Sommergrenze oder das Maximum der Höhe, bis zu welcher sich die Schneelinie im Laufe des ganzen Jahres zurückzieht. Er würdigte auch die Bedeutung des klimatischen Elementes des

[1]) Penck, Geogr. Abhandl. 5. Heft 1. p. 119 ff.

Digitized by Google

Niederschlages für die Höhenlage der Schneegrenze; denn durch die Untersuchungen im Himalaya 1817 wurde die tiefere Lage der Schneegrenze an der feuchten Südseite dieses Hochgebirges gegenüber der niederschlagsarmen, an hochgelegene, im Sommer kontinental heisse Ebenen grenzenden Nordseite konstatiert. Dass neben dem Einflusse der Temperatur und des Niederschlages auch noch derjenige der orographischen Verhältnisse einwirke, haben schon Saussure, Wahlenberg und Humboldt erkannt, und sie haben darauf aufmerksam gemacht, wie verschieden hoch die Schneegrenze infolge wechselnder Exposition sich befindet. Orographische Verhältnisse bedingen auch das Auftreten isolierter Schneeflecke weit unter der eigentlichen Schneegrenze. Hegetschweiler hat die untere Grenze solcher isolierter Firnflecke die Linie des geschützten Schnees genannt. Diese Linie wurde neuerdings von Ratzel als orographische Schneegrenze bezeichnet und solche der klimatischen gegenübergestellt. Ratzel unterscheidet nämlich eine klimatische Schneegrenze, welche die Erhebungspunkte der Erde verbindet, oberhalb deren Firn vermöge der niedrigen Lufttemperatur um seine Masse, auch ohne den Schutz orographischer und geologischer Begünstigung nicht wegschmilzt, und eine orographische Schneegrenze, welche die Gruppen der im Schutze von Lage, Bodengestalt und Bodenart vorkommenden Firnflecken und Firnfelder verbindet. Eine derartige Trennung zwischen klimatischer und orographischer Schneegrenze scheint uns nicht völlig das Wesen der Sache zu treffen. Denn wenn wir auch anerkennen, dass es ganz ausschliesslich rein orographische Verhältnisse sind, welche die aussergewöhnlich tiefe Lage einzelner Firnflecke bedingen, so müssen wir denselben Gesichtspunkt der orographischen Begünstigung und Nichtbegünstigung auch für die höchsten dauernden Schneevorkommnisse in Berücksichtigung ziehen. Da sehen wir allenthalben den Einfluss der Exposition. Es liegt die Schneegrenze, welche nach Ratzel als klimatische zu gelten hat, auf der Südseite der Gehänge weit höher, als auf der Nordseite, und selbst in den höheren und höchsten Regionen finden sich schneefreie und schneebedeckte Flächen neben einander, deren Verteilung durch den Gebirgsbau im einzelnen hervorgerufen wird. Wo auch Schneefelder auf der Erdoberfläche vorhanden sind, macht sich überall neben dem klimatischen auch das orographische Element geltend; selbst die untere Grenze der zusammenhängenden Firnpartien ist am einzelnen Orte von orographischen Umständen beeinflusst und ist daher keine rein klimatische Linie. Unter einer solchen rein klimatischen Linie verstehen wir diejenige, oberhalb welcher die sommerliche Wärme nicht mehr ausreicht, um den im Verlaufe des Jahres auf horizontaler Fläche fallenden Schnee wegzuschmelzen. Diese rein klimatische Schneegrenze ist lediglich eine ideale Grenzlinie, welche kaum irgendwo sichtbar wird und

Digitized by Google

keineswegs mit Ratzel's klimatischer Schneegrenze zusammenfällt. Anderseits können wir weder in der Linie des geschützten Schnees Hegetschweiler's, noch in der orographischen Schneegrenze Ratzel's natürliche Grenzlinien erblicken. Jede natürliche Grenzlinie sondert zusammenhängende Flächen verschiedener Beschaffenheit voneinander. So scheidet die Grenzlinie zwischen Wasser und Land das zusammenhängende Land vom zusammenhängenden Meere und sieht von Binnenseen und Inseln völlig ab, ebenso, wie man bei der Schilderung politischer Grenzen die Exclaven nicht einbezieht. So wird man bei Angabe der Grenzen des preussischen Staates von den Exclaven in Thüringen und in der Nähe des Bodensees wohl absehen. Eine solche, Exclaven nach der Art von Ratzel's orographischer Schneegrenze umschlingende Linie, würde man nie als Grenze Preussens bezeichnen. Eine Scheidung von klimatischer und orographischer Schneegrenze im Sinne Ratzel's halten wir daher nicht für in der Natur gegeben. Hier sieht man nur eine Schneegrenze, welche die Gebiete zusammenhängender Schneefelder vom überwiegend schneefreien Lande trennt, aber oberhalb dieser Schneegrenze giebt es schneefreie Parzellen, wie unterhalb derselben Schneeflecken, die bald vereinzelt, bald geschart auftreten und in letzterem Falle stellenweise eine wahre Firnfleckenregion mit unbestimmter Begrenzung bilden. Es ist allenthalben das Zusammenwirken dreier verschiedener Faktoren, welches die Entwickelung der perennierenden Schneefelder und deren Grenze bedingt, nämlich Temperatur, Niederschlag und die orographische Gliederung des Bodens. Von diesen dreien ist namentlich der letztere von Ort zu Ort wechselnd und in Gebirgsländern äusserst mannigfaltig, während die beiden ersteren über grössere Flächen einheitlicher entwickelt sind. Anderseits aber sind an derselben Stelle die orographischen Verhältnisse gegenüber den sehr variabeln klimatischen so gut wie konstant; es ergiebt sich daher die zwingende Notwendigkeit, orographische und klimatische Bedingungen des Auftretens der Schneefelder in ihren Wirkungen von einander zu trennen, wie dies Durocher gethan hat, welcher causes générales und causes accidentelles unterschieden hat."

Die Methoden zur Bestimmung der Schneegrenze sind sehr verschieden und naturgemäss ungenau. Kurowski giebt einen kritischen Überblick über dieselben und zeigt zuletzt, dass unter allen Umständen die mittlere Höhe der Gletscher recht brauchbare, nur wenig zu hohe Werte für die klimatische Schneegrenze giebt. Eine Prüfung dieses Ergebnisses hat Kurowski durch Bestimmung der Schneegrenze in der Finsteraarhorn- und in der Venetergruppe geliefert und befriedigende Resultate erhalten.

Die Höhe der Schneegrenze in Amerika, besonders in Südamerika und Mexiko, ist Gegenstand einer sorgfältigen und

Digitized by Google

umfassenden Untersuchung von G. Schwarze geworden[1]). Der Verfasser bezeichnet die betreffende Grenze nach dem Vorgange von Ratzel richtiger als Firngrenze. Für Untersuchungen dieser Art ist Amerika vor allem wichtig wegen seines eigenartigen Gebirgsbaues, indem in der ganzen Länge dieses Erdteiles, gleichsam wie ein Rückgrat, sich die mächtige Kordillerenkette hinzieht und durch alle Zonen emporragt. Schwarze hat mit grossem Fleisse alles vorhandene Material gesammelt und kritisch geprüft. Leider ist dasselbe vielfach noch sehr mangelhaft, und auch an sich bietet das Problem, die genaue Lage der Firnlinie praktisch zu bestimmen, grosse Schwierigkeiten. „In erster Linie macht die Verschiedenartigkeit der Firnbedeckung eine Sonderung der Erscheinungsformen sehr wünschenswert. Deshalb hat Ratzel die orographische Firngrenze, d. h. diejenige Linie, welche die Gruppen der im Schutze von Lage, Bodengestalt und Bodenart vorkommenden einzelnen, zerstreuten Firnflecke und Firnfelder verbindet, gegenübergestellt der klimatischen Firngrenze, der Begrenzungslinie der unteren Ränder freiliegender, zusammenhängender Firnfelder. In der Natur tritt uns ja im Grunde nur die erstere entgegen, wie Richter ausdrücklich betont; die letztere ist mehr oder weniger eine blosse Abstraktion, deren Feststellung wir anstreben. Dies kann jedoch kaum infolge einer einzelnen, nur flüchtigen Beobachtung geschehen; es ist die Guppierung einer grösseren Anzahl von Beobachtungen nötig, eine nähere Untersuchung der massgebenden Bedingungen, um alle zufälligen Faktoren zu eliminieren. Einzelne Messungen tragen an sich immer mehr oder minder lokalen Charakter. So ist die Angabe der Art und Weise der Beobachtung, wie der besonderen Umstände, unter denen die Bestimmung stattfand, von so grosser Wichtigkeit.“

Zu dieser Betrachtung geben die Verhältnisse in den Kordilleren Amerikas vollauf Anlass. Einigemal ist die orographische Bedingtheit des Firnvorkommens ausdrücklich bemerkt, an anderen Stellen können wir dieselbe nur vermuten. Als wesentlichste Merkmale des Firngrenzverlaufes in Südamerika sind hervorzuheben, dass wir nordwärts des Äquators nur eine sehr langsame Höhenabnahme haben, während nach Süden zu, in Peru und Bolivia, sogar ein starkes Ansteigen (bis über 6000 *m*) zu konstatieren ist. Im Gebiete des südlichen Wendekreises fehlt in grösserer Erstreckung überhaupt eine zusammenhängende Schneebedeckung, dann aber folgt, von 28° bis 30° s. Br. an, ein ausserordentlich rasches Sinken der Firngrenze bis gegen 43° s. Br., worauf der weitere, vergleichsweise geringe Fall bis zur Magelhaensstrasse (ca. 53° s. Br.) einen ziemlich stetigen Charakter zu haben

[1]) Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Vereins für Erdkunde in Leipzig. 1 p. 3 u. ff.

Digitized by Google

scheint. Grössere Lücken in den Angaben sind nur für letzteres Gebiet, wie für Nordperu, zu verzeichnen.

Was Nordamerika anbelangt, so ist der Schneemangel im Gebiete des Felsengebirges besonders hervorzuheben, im Gegensatze zum Schneereichtume der Küstenketten, wo ähnliche Verhältnisse wie in den chilenisch-argentinischen Anden gefunden werden. Schwarze giebt zum Schlusse folgende Mittelwerte der Firngrenzhöhe:

18° 35′—19° 12′ n. Br. mexikanische Vulkane 4450 *m*.
11° n. Br. Sierra de Santa Marta 4650 *m*.
8° 10′ n. Br. Sierra de Merida 4550 *m*,
6° n. Br. kolumbianische Ostkette 4600 *m*,
ca. 1° n. Br.—4° n. Br. kolumbianische Zentralkette 4650 *m*,
0.5° n. Br. — 2° s. Br. Vulkane von Ecuador 4750 *m*,
10° s. Br. Gebirge von Huanaco 5050 *m*,
10° 15′ s. Br. Sierra Viuda 5150 *m*.

Westkette.

11° 40′ s. Br. Piedra Parada Pass 5200 *m*,
15° 58′ s. Br. Vulkan von Inkocago 5200 *m*.} Mittel 5300 *m*.
16° 20′ s. Br. Vulkan von Arequipa 5400 *m*}
17° 45′ s. Br Chipicani 5590 *m*}
18° s. Br. Sajama 5925 *m*} Mittel für 18° s. Br. 5900 *m*
18° 10′ s. Br. Pauchata 6120 *m*}

Ostkette.

14° 30′ s. Br. Vilkanotagebirge 4950 *m*,
16° 40′ s. Br. Illimanigruppe 5150 *m* (angenommener Mittelwert),
19° 54′ s. Br. Cordillera de los Frayles 5265 *m*} Mittel für 20° s. Br.
20° 6′ s. Br. Knotenpunkt des Cuzco 5230 *m*} 5250 *m*.
21° s. Br. Cerro de Chorolque 5425 *m*} Mittel für 21° 20′ Br.
21° 43′ s. Br. Nevado de Esmoraca 5268 *m*} 5350 *m*.

Chilenisch-Argentinische Anden.

28° s. Br. 5200 *m*, 30° 4900 *m*, 31° 4750 m, 32° 4400 *m*, 32°—33° 4200 *m*, 34° 3550 *m*, 34°—35° 3200 *m*, 35.25° 3000 *m*, 36° 2600 *m*, 37° 2100 *m*, 39° 1750 *m*, 40° 1600 *m*, 41° 1500 *m*, 42°—43° 1400 *m*, (45°—46° 1400 *m*), 47° 1300 *m*, 53° 1100 *m*, 54.5° (Feuerland) 950 *m*.

Die Niederschläge und Schneeablagerungen in den arktischen Gegenden hat Dr. M. Friedrich an der Hand des bis jetzt vorliegenden Materials zusammengestellt [1]. Im allgemeinen haben die arktischen Gegenden nur geringe Niederschlags-

[1]) Wissenschaftl. Veröffentlichungen d. Vereins f. Erdkunde z. Leipzig. 1891. 1. p. 93 u ff.

Digitized by Google

mengen aufzuweisen. Regen fällt durchgängig nur vom Mai bis Oktober, sehr selten im Winter, dann meist als Nebelregen. Schnee tritt, infolge der starken Kälte, im allgemeinen nur in feiner, trockner Form auf, schwerer Flockenschnee gehört zu den Ausnahmen. Eine eigentümliche Art des Schnees in den nördlichen Regionen zeigt sich in fast unsichtbaren kleinen Krystallen bei wolkenlosem Himmel, die meist durch plötzliches Fallen der Temperatur hervorgerufen wird. Die Luft ist in jenen Breiten selten sehr rein, meist nahezu mit Feuchtigkeit gesättigt, sie enthält fast immer eine geringere oder grössere Menge Schnee. Den Beweis hiervon erhält man nicht allein durch die Nebensonnen und Nebenmonde, die sich sehr häufig bei klarem Himmel zeigen, sondern auch durch die geringe Reinheit der Gestirne und Bilder bei astronomischen Beobachtungen. Selbst die klarsten Nächte sind getrübt durch diesen feinen Schneestaubfall, durch den man die Himmelskörper wie durch Gazeschleier sieht, und der eigentlich nur durch ein Prickeln auf der Haut wahrgenommen werden kann. Parry sagt, dass das Stattfinden des Niederschlags kaum bemerkbar war, wenn es nicht zwischen dem Auge und irgend einem dunklen Gegenstande vor sich ging. Die Formen dieser in der Luft schwebenden Schneepartikelchen schildern F. Müller und andere als kleine Eisnadeln, Scoresby als glänzende Blättchen. Die Lady Franklin Bay-Expedition hatte diesen Niederschlag fast immer. Kane beobachtete in den ersten Tagen des Januar einen solchen Niederschlag, den er nicht für Schnee hält, denn er sagt: „Wenn er in dieser Weise angehäuft ist (bis 9 Zoll tief), mag er bei flüchtigem Beschauen mit Schnee verwechselt werden, er hängt direkt zusammen mit der Strahlung und ist sehr häufig bei klarem Himmel.“ Daher auch Kane's Bemerkung: „Abgesehen vom Reif, der in diesen Polarregionen an die Stelle des unmittelbaren Niederschlags zu treten scheint . . . .“, hierzu steht aber seine Schneetabelle im Gegensatze. Alle anderen Polarforscher erklären aber diese Art des Niederschlags ausdrücklich und mit Recht für Schnee.

Die Schneemengen zu messen, ist nicht möglich wegen der oft und heftig wehenden Winde, sie ist aber immer nur gering. Die meisten Tage mit Schneefall haben zu Anfang und Ende des Winters Asien, Amerika und Westgrönland.

Die mechanischen Wirkungen des Wassereises sind von Dr. E. Gaebler an den Havelseen bei Potsdam studiert worden[1]). Diese Wirkungen sind zwar weit unbedeutender als die des Schneeeises, aber bisher auch noch niemals genauer verfolgt worden. Zunächst bespricht Verf. die Faltung des Eises. „Jedermann kennt die Sprünge, Hartborsten genannt, welche im Winter das Eis umher im Kreuze und zu Hunderten durchziehen,

[1]) Verh. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin. 1891. Nr. 3. p. 176.

in einer Länge bis zu einigen hundert Metern. Ausser diesen Sprüngen erleidet aber das Eis der Havelseen bei Potsdam im Laufe des Winters noch andere, eigentümliche Umformungen seiner Oberfläche, welche von Schlittschuhläufern und Fischern wegen ihrer Gefährlichkeit sehr gefürchtet sind und von letzteren den Namen „Bubbeln" erhalten haben. Nachdem das Eis eine gewisse Dicke erreicht hat, erhebt es sich längs der Ufer oder quer über die Seen hinweg, mitunter auf Erstreckungen von über 500 *m*, unter spasmodischen Erschütterungen der ganzen Fläche, im Verlaufe weniger Tage oder Stunden, in Gestalt einer langgestreckten Falte, welche im Querprofile mit einer Gebirgsfalte eine auffallende Ähnlichkeit hat. Falten von über 1 *m* Höhe sind keine Seltenheit. Oft behält das Eis vermöge einer gewissen Plastizität bei der Aufwölbung seinen Zusammenhang oder wird nur von radialen, der Längsrichtung der Falte parallel laufenden Sprüngen durchzogen, die sich aber durch Regelation wieder festigen. In anderen Fällen bricht der Sattel der Falte während der Entwickelung derselben zusammen, und es bleiben ihre sich nähernden Flügel nur in Trümmern stehen. In noch anderen Fällen entsteht eine liegende Falte und durch Zertrümmerung derselben eine regelrechte Überschiebung, wobei oft der liegende Flügel dem sich aufwärts schiebenden, hängenden Flügel nach unten, bis unter die Wasserfläche, ausweicht; der hinüber geschobene Flügel gehört fast immer der grösseren von beiden, durch die Faltung geschiedenen Eisflächen an, derjenigen Fläche, von welcher die schiebende Kraft herkommt. In allen Fällen dringt während der von spasmodischen Erschütterungen begleiteten Bildung der Eisfaltungen durch die frei klaffenden Zwischenräume das Wasser ruckweise und mit einiger Gewalt hervor und überflutet die beiderseitigen Ränder, bis es zuletzt wieder gefriert und so die Stabilität des darüber entstandenen Gebildes erhöht. Wo die das ganze Phänomen hervorbringenden Kraftwirkungen längere Zeit andauern oder besonders intensiv sind, können an derselben Stelle auch mehrere Faltungen successive dicht hintereinander entstehen."

Ähnliche Erscheinungen finden sich nach Struve auch im Eise zwischen der Nevamündung und Kronstadt, und Deike beschrieb sie als auf dem Bodensee vorkommend und nennt sie Schründe. Verf. ist der Ansicht, dass die Eisfaltungen durch lokale Zusammenpressungen des Eises entstehen. Jeder Sprung stellt sich als ein schmaler Spalt im Eise dar, von einigen Millimetern bis über 1 *m* Breite. Das Wasser dringt in denselben ein, quillt mitunter sogar darüber hinaus und gefriert dann. Beim Eislaufe kann man sich leicht überzeugen von dem tausendfachen Vorhandensein solcher in den Sprüngen entstandenen Eislamellen, welche das ganze Eis senkrecht durchsetzen und oft anders gefärbt sind als die Wände des Sprunges. Naturgemäss

Digitized by Google

hat das Gefrieren dieser Lamellen eine Ausdehnung der Masse und damit ein Auseinanderpressen der begrenzenden Wände zur Folge. Das ist im einzelnen ein nur minimaler Effekt, wenn wir aber die Unzahl von Sprüngen berücksichtigen, welche eine grössere Seenfläche durchziehen, so müssen sich diese Effekte immerhin zu einer nennenswerten Kraft summieren. Diese Kraft, die also aus dem Gefrieren des in den Hartborsten eingedrungenen Wassers hervorgeht, ist die Erzeugerin der Eisfaltungen. Es erklärt sich nun wohl auch, warum die Eisfaltungen vorzugsweise längs der Ufer und vor landumschlossenen Buchten entstehen. Die Ausdehnung des Eises infolge des Wiederzufrierens der Hartborsten wird sich naturgemäss durch ganze Flächen kontinuierlich fortsetzen, bis das Land oder eine vermöge ihrer Landumschlossenheit starre Eisscholle ein unüberwindliches Hindernis bieten, vor welchem die entstehenden Pressungen in einer Emporhebung des Eises eine Auslösung erfahren. Es erklärt sich ferner, warum bei Überschiebungen immer der Rand der grösseren Eisdecke gegen denjenigen der kleineren, starren Scholle vorwärts geschoben wird, weil nämlich die schiebende Kraft in eben dieser Richtung wirkt.“

Eine andere Art von Bildungen, welche die Potsdamer Seen zeigen, sind die Uferwälle. Bildungen von der Art der Strandlinien, die aber bis jetzt noch nicht beschrieben waren. „An den Ufern, soweit diese aus unkultiviertem Terrain, namentlich Waldungen, bestehen, ziehen sich ganze Kilometer weit niedrige Wälle entlang, im Inneren aus Sand und Humus bestehend, aussen von Gras und Kräutern bewachsen. Sie erreichen eine Höhe von höchstens $^2/_3$ *m* und liegen ungefähr im Niveau des winterlichen Wasserstandes, sind also im Sommer je nach der Neigung des Bodens bis etwa 3 *m* vom Wasser entfernt. Mitunter ist nur ein derartiger Strandwall vorhanden, an anderen Stellen zwei, drei oder mehr. Ähnliche, aber nur wenige Zentimeter hohe Bildungen entstehen nach dem Wegtauen des Eises an allen Stellen starken Wellenschlages durch Anhäufung von Sand und Pflanzenresten. Aber die Strandwälle haben mit letzteren Gebilden nichts zu schaffen; während hier eine gleichmässige, flache Schichtung zu bemerken ist, zeigen die Strandwälle im Querschnitte die Struktur eines Gebirgsprofiles: die Sand- und Humusschichten sind gefaltet und überschoben, mitunter sehen wir sogar noch frische Rasenpartien zusammengeklappt, hineingefaltet und von älterem Materiale überschoben, ungefähr wie die Jurakeile im Jungfraumassiv.“

Bezüglich der Entstehung dieser Bildungen glaubt Verf., dass sie einer vom Wasser herwirkenden Schiebekraft, der nämlichen, welche die Eisfaltungen hervorbringt, zuzuschreiben sei Schon die Verbreitung der Strandwälle spreche dafür, denn sie finden sich an denselben Stellen, wo im Winter Eisfaltungen an den Ufern sich hinziehen, ausserdem lehre der direkte Augenschein

Digitized by Google

die Beziehung zwischen Eisschiebungen und Strandwällen. Sehr häufig, und auf weite Strecken schieben sich die Eisfaltungen auf das Ufer hinauf, namentlich wenn sie demselben parallel laufen. Es kommen sogar Fälle vor, dass durch das Hinauf- und Zusammenschieben des Eises nicht nur Strandwälle aufgeworfen, sondern sogar Bäume entwurzelt werden. „Es ist also wohl ausser Zweifel, dass die Üferwälle durch die Pressionen des vordrängenden Eises entstehen. Möglicher Weise kann diese Thatsache mit herangezogen werden zur Erklärung eines noch nicht genügend aufgeklärten Problems: ich meine die Entstehung der in höheren Breiten weit verbreiteten Strandlinien. Man hat dieselben zum Teile wohl als ein Werk der Meeresbrandung angesehen; in abgeschlossenen Fjorden kann dieselbe indes nicht gewirkt haben. Auch kann an felsigen Steilküsten der Spaltenfrost an der Bildung der Strandlinien teilhaben, indem das auch in engen Buchten bei schwachem Wellenschlage aufspritzende Wasser in die Gesteinsklüfte eindringt und gefriert. Endlich können bei Annahme von längeren, scharfen Wintern wohl auch die besprochenen Eisschiebungen an der Modellierung von Strandlinien mitarbeiten, sowohl durch Aufhäufung lockeren Materiales als durch Zertrümmerung festen, aber durch Verwitterung und Spaltenfrost gelockerten Gesteines."

Über Grundeisbildung machte Kapitän H. Meier einige Mitteilungen[1]), die sich auf eigene, systematische Beobachtungen auf der Elbinsel Altenwerder bei Hamburg stützen. Zunächst teilt er die unter der Schiffer- und Fischerbevölkerung allgemein bekannte Thatsache bezüglich der Eisbildung mit. „Man unterscheidet," sagt er, „hier ganz streng drei Arten von Eisbildung:

1. Das gewöhnliche Oberflächeneis, welches sich bei Frostwetter an der Oberfläche stehender Gewässer bildet, bei plötzlicher grosser Kälte auch fliessende Gewässer glatt überbrückt. Dieses Eis ist, wenn keine störenden Ereignisse — Wind, Schneefall — dazwischen treten, glatt und hart; man nennt es auch Krystalleis oder Blockeis.

2. Das Schneeeis, welches sich bei Frostwetter und Schneefall bildet, wenn noch kein anderes Eis vorhanden ist, und zwar so, dass der Schnee auf der Oberfläche des Wassers treibend zusammenfriert; es ist dies zuerst eine teigartige, allmählich härter werdende Masse, welche erst bei anhaltendem Froste durch Unterfrieren stark und haltbar wird.

3. Das Grundeis, hier Siggeis genannt; es heisst hier allgemein: es siggt, statt es bildet sich Grundeis, und gestatte auch ich mir, diesen Ausdruck, wenn auch nur der Kürze halber, nachstehend beizubehalten. Das Siggeis bildet sich bei anhaltender

[1]) Ann. d. Hydrogr. **19.** 1891. Heft 4. p. 137.

Digitized by Google

Kälte nur in fliessenden Gewässern, solange keine feste Eisdecke vorhanden ist. Unter einer festen Eisdecke siggt es nicht mehr.

Die Elbfischer fischen im Herbste und Winter, bis es siggt, weil sie dann in der Regel den besten Neunaugen- und Quappenfang haben; sobald es siggt, treiben die Netze, Fischleinen, sowie sämtliches Fischereigerät auf und kommt an die Oberfläche des Wassers, wobei dasselbe meistens verloren geht; denn in dem Siggeis, namentlich wenn es stark siggt, kann weder Ruder-, noch Segelfahrzeug verkehren. Die Fischer nehmen daher, wenn sie glauben, dass es nachts siggen wird, schon tags vorher alle ihre Gerätschaften aus dem Wasser; sogar die Hamenanker im Gewichte von ca. 160 bis 170 Pfund Eisen mit Holzstock siggen vielfach weg, wenn dieselben nicht eingezogen werden.

In der Regel siggt es am stärksten in den frühen Morgenstunden von 5 bis 8 Uhr, und besonders auffällig ist es, wenn um diese Zeit die Flut kommt, d. h. die starke Ebbeströmung aufhört, und Stauwasser eintritt. In solchen Fällen kann der bis dahin gänzlich eisfreie Fluss in einer Stunde mit einer fussdicken Schicht Siggeis bedeckt sein, in welcher jeder Verkehr ausser mit kräftigen Dampfschiffen unmöglich ist.

Das Siggeis bildet sich in allen Tiefen, auf tiefem Wasser anscheinend von der Oberfläche beginnend; denn hängt man einen Gegenstand, sei es Tau oder Kette, senkrecht in das Wasser, so findet das Ansetzen an diesem immer von oben nach unten zu statt. Auf flachem Wasser scheint es auch umgekehrt der Fall zu sein.

Auf tiefem Wasser steigen die ganz kleinen Krystalle meistens einzeln auf, an der Oberfläche angekommen, kleben dieselben sofort mit anderen zusammen und bilden zuerst eine schwammige Masse, gefrieren dann fester zusammen und schwimmen anfangs in tellerförmigen Schollen, später in immer grösser werdenden Massen, welche, sowohl nach unten als nach den Seiten ansetzend, zu den bekannten Siggbergen anwachsen, welche, im tiefen Wasser gebildet, an den Ufern und auf flacheren Stellen angekommen, stranden und sitzen bleiben. Im Winter sind die ganzen Ufer mit diesen Bergen besäumt, und im Flusse selbst bilden sie oftmals eine vollständige Barrière und verursachen die Eisstopfungen. Ich habe dieselben auf 20 bis 30 Fuss Wassertiefe auf Grund sitzend beobachtet, wo dieselben dann noch 10 bis 15 Fuss hoch aus dem Wasser ragten, während der horizontale Durchmesser derselben von 15 bis 20 Fuss betrug.

Man sagt, dass wolkenloser Himmel am günstigsten für die Siggeisbildung ist, doch scheint dies nicht immer der Fall zu sein. Bei Oberwasser, wenn das Flusswasser gelb und

Digitized by Google

schmutzig ist, siggt es nicht so leicht, als wenn das Wasser rein und klar ist."

Zu den eigenen Beobachtungen benutzte H. Meier ein Luft- und Wasser-Minimumthermometer, und erstrecken sich die Beobachtungen auf die Zeit vom 30. Novbr. 1889 bis 14. März 1890. Als Resultat derselben findet Meier, dass, wenn es zum Siggen kommt, oder Grundeisbildung stattfinden soll, erst die ganze Wassermasse bis auf 0° abgekühlt sein und dann durch die Kälte der Luft noch eine weitere Wärmeentziehung stattfinden muss.

Die Wirkung des Treibeises auf die Bodengestaltung der Polargebiete ist, wie allgemein angenommen wird, eine sehr eingreifende. Eine eingehende litterarische Studie über die verschiedenartigen Einwirkungen des Treibeises hat nunmehr Dr. Georg Hartmann veröffentlicht[1]). Was zunächst die zerstörenden Wirkungen des treibenden Eises betrifft, so ergiebt sich, „dass, wo auch immer Treibeis angetroffen werden mag, bei seiner Berührung mit dem organischen Leben des Meeres und der Küsten und mit den Landgebieten selbst sein zerstörender, vernichtender Einfluss erkennbar ist, dass sich dieser Prozess durchschnittlich bis zu einer gewissen Tiefe des Meeres und einer gewissen Höhe an den Küsten abspielt, und dass sich gewisse Formen des Zerstörungsobjektes nur erkennen lassen, wenn letzteres ein Bestandteil der Küstenbildung ist, sei es Felsen, sei es sandige Flachküste. In diesem Falle erkennen wir die Wirkungen des Treibeises als Schliffe, Ritzen, Furchen, Polierungen, Baggerungen. Während das ganze Gebiet der nordsibirischen Küste und der vorliegenden Inseln infolge ihrer sandigen, lehmigen Beschaffenheit als das Gebiet der Eisbaggerungen bezeichnet werden darf, kann man die ganzen nordischen Fjordlandschaften mehr als das Gebiet der Eispolierung, Eisabrundung nennen. Zu den letzteren Landgebieten lassen sich im grossen und ganzen auch die Inseln des südlichen Eismeeres rechnen. Die grosse Bedeutung des Treibeises für die polaren Landgebiete in mechanischer Beziehung ermessen wir, wenn wir die Thätigkeit ganzer Treibeisströme innerhalb langer Zeitabläufe betrachten. Dann wird es begreiflich, wie früher zusammenhängende Landmassen relativ schnell und leicht in der Richtung auftretender Meeresströmungen durchbrochen werden, und wie sich allmählich durch die Zerstörungsarbeit durchdrängender Eismassen breite, seichte Strassen bilden konnten."

Ob jedoch, wie der Verf. vermutet, auch auf diese Weise der Zusammenhang zwischen Asien und Amerika in der Behringstrasse zerstört wurde, oder der Eisstrom durch seine erodierende

[1]) Wissenschaftl. Veröffentlichungen des Ver. f. Erdkunde zu Leipzig 1891. 1. p. 175 u. ff.

Digitized by Google

und zerstörende Thätigkeit an der Entstehung des Robinsonkanals und der dortigen Meeresstrassen bis zum Smithsund erheblich beteiligt war, ist doch mehr als fraglich. Was die durch das Treibeis hervorgerufenen Neubildungen anbelangt, so glaubt Verf., „dass in manchen Gegenden der polaren Küstengebiete die Thätigkeit des Meereises und Meerwassers, verbunden mit den erodierenden Kräften der Atmosphäre und einer im Laufe sehr grosser Zeiträume vor sich gegangenen Hebung des Bodens der Küstenphysiognomie ein bestimmtes Gepräge verliehen hat, eine Terrassenform, deren Terrassen, parallel laufend, unter sich einen bald grösseren, bald kleineren Abstand zeigen, so zwar, dass er nach oben zu im allgemeinen immer grösser wird, dass ferner jede einzelne Terrasse an einzelnen Punkten (besonders Kaps) Unterbrechungen erleidet, und dass ihre Deutlicheit mit der Höhe abnimmt. Die Schwierigkeit der Erklärung der Terrassenform in ihrer treppenartigen Aufeinanderfolge lässt sich leicht beseitigen, wenn man die jährlichen Eisverhältnisse in jenen Küstengegenden in betracht zieht. Die Beobachtung dieser Verhältnisse lehrt nun, dass man besonders an den Küsten des Kennedy-Kanals von einer regelmässigen Eispressung verbunden mit Aufschichtung in jedem Winter an einem und demselben Orte nicht sprechen kann und auch nicht vermuten darf, dass die durchschnittliche Intensität des Druckes an jedem einzelnen Orte in jedem Jahre dieselbe sei. Thatsächlich spielt sich der Vorgang bei weitem nicht so regelmässig ab. Schon die Eisbildung des Meeres, von den verschiedensten Umständen abhängend, ist an einem und demselben Beobachtungsorte in verschiedenen Jahren wesentlich verschieden, ebenso die Menge von Treibeis, die seine Küsten belagert. Dementsprechend sind auch die jährlichen Wirkungen dieser Eismassen an demselben Orte in bezug auf ihre Intensität verschieden. Denkt man sich die Intensitäten dieser Wirkungen einer langen Reihe von Jahren in Form einer Skala zusammengestellt, so wird sich nun zeigen, dass in mehr oder weniger grossen Abständen Maximalwerte vorhanden sind, und dass diese Abstände der Zeit nach sehr bedeutend sein können. Eine jede solche Terrasse der treppenförmigen Küstenbildung ist nun nichts anderes als die Erscheinungsform, die zu einer solchen Maximalwirkung gehört. Hat z. B. ein Küstenpunkt ein furchtbares Eisjahr erlebt, dessen Wirkungen weit hinauf am Strande sichtbar sind, und tritt nun gewissermassen eine jahrelange Ruhepause ein, oder, besser gesagt, zeigt die folgende Reihe von Jahren geringere Eiswirkungen, dann wird der durch jene Maximalwirkung entstandene Strandwall mit den übrigen Küsten allmählich emporsteigen, und erst die nächste Maximalwirkung, die geringen Wirkungen der vorhergehenden Jahre verwischend und in sich aufnehmend, wirft einen neuen Wall unter dem ersten auf."

Digitized by Google

Eine wichtige Rolle spielt das Treibeis als Transportmittel, und Verf. schildert zunächst die verschiedenen Vorgänge, welche ein Beladen des Eises herbeiführen (durch Einfrieren von Gegenständen, durch den Wind, durch geröllführende Flüsse, durch herabrollendes Trümmergestein an stark geböschten Küsten, durch thätige Vulkane), und kommt zu dem Schlusse, dass die „Landverfrachtung“, die „Translokation von Bodenbestandteilen“ an den Küsten selbst die grösste ist, dass sie zur Zunahme der Entfernung sich in einem umgekehrten Verhältnisse befindet.

Durch die Entladung befrachteten Treibeises entstehen als bedeutendste Neubildungen auf dem Meeresboden Untiefen, Bänke und selbst Inseln. „Bewegen sich beständig felstragende Eismassen in einer anhaltenden Strömung, und erleidet der Zufluss an solchen Massen keine Unterbrechung, so können entsprechende „Linien von Ablagerungen“ entstehen, die gewissermassen das erste Stadium einer Neubildung auf dem Meeresboden darstellen. An Orten mit geringer Strömung oder in solchen Meeresteilen, wo nur eine Hin- und Herbewegung des Wassers, aber kein „Hindurchpassieren“ desselben stattfindet, endlich auf Untiefen, auf denen das Eis festgehalten wird, wird sich die Abgabe seines Materials auf einem abgeschlosseneren Bezirke konzentrieren und deshalb hier grössere Wirkungen hervorrufen können. Innerhalb langer Zeiträume kann an solchen Stellen eine stetige Schuttablagerung zur Bildung von Untiefen, Bänken und, wenn eine säkulare Hebung des Bodens hinzutritt, zur Entstehung von Inseln führen. Ein interessantes Beispiel dieser Art bieten die Untiefen, die sich häufig Fjorden vorgelagert finden, wo sich die Thätigkeit eines Gletschers entfaltete, welchem jene Untiefen auch häufig ihre erste Entstehung verdanken. Hat sich der Gletscher im Laufe der Zeit zurückgezogen und reicht nur noch am hinteren Ende des Fjordes ins Meer, wo er seine Thätigkeit durch Abstossen von Eisbergen noch kundgiebt, dann schwimmen jene Eisberge, die häufig noch Spuren ihres ehemaligen Thalbettes an sich tragen, bis an jene Untiefen, werden dort festgehalten und entledigen sich ihrer Last. So ist z B. die Entstehung der „Holme“, jener kleinen inselartigen Bildungen der spitzbergischen Fjorde zu erklären.“

Natürlich findet bei der „Landverfrachtung“ durch Treibeis auf der ganzen Reise Verlust an Frachtmaterial statt, so dass die ganze Meeresfläche teil an diesem nimmt „Das Treibeis übt durch seine Transportationsthätigkeit eine abtragende und über den Meeresgrund hin verteilende oder nivellierende Thätigkeit aus, die an verschiedenen Orten eine verschiedene Intensität erreicht und im allgemeinen an Untiefen und seichten Stellen des Meeres am grössten ist.“

In einem besonderen Abschnitte behandelt Dr. Hartmann die Thätigkeit des Treibeises als Pflanzenverbreiter und Trans-

Digitized by Google

portmittel für animalische Organismen. „Ein den Polarfahrern sehr bekannter Fahrgast des Treibeises ist der Eisbär. Besonders im Winter, wenn die Meeresfläche durch eine Eisdecke beinahe wie durch eine Brücke, die von Land zu Land geht, überspannt ist, entfaltet der Eisbär seine Thätigkeit auf dem Eise. Er führt in der That das auf die Eisgegenden hinweisende Attribut in seinem Namen, denn er hält sich fast mehr auf dem Eise, als auf dem Lande auf. Er unternimmt bisweilen grosse Reisen und wird dabei in Gegenden verschlagen, in denen man seine Gegenwart nicht vermutet hätte. So beobachteten die Mitglieder der österreichischen arktischen Beobachtungsstation auf Jan Mayen erst im Winter das Erscheinen von Eisbären auf dieser Insel und folgerten daraus ein Zusammenschliessen des Eises nach Grönland zu. Die schwedischen Expeditionen berichten von der Verbreitung des Eisbären durch Treibeis Folgendes[1]: „Der Eisbär kommt mit dem Eise im Winter nach Bären-Eiland, so dass er oft 20—30 Meilen weit vom nächsten Lande angetroffen wird. Parry fand ihn auf dem Eise noch unter 82½° nördl. Br. Er besucht daher nicht selten die Küsten Islands, ja, er ist in älterer und neuerer Zeit nicht selten an der Nordküste Norwegens wahrgenommen worden.“ Greely fand einen Eisbär mitten zwischen kleinen auseinander gegangenen Schollen auf einer derselben weit draussen in der Melville-Bai.

Auch die Polarfüchse, die wie der Eisbär im Winter gezwungen sind, ihre Nahrung auf dem Eise zu suchen, vertrauen sich demselben an und entfernen sich bedeutende Strecken vom Lande. So sah Dr. Buchholz, ein Mitglied der zweiten deutschen Polarexpedition, in der Nähe des Scoresby-Sundes[2] „die Polarfüchse meilenweit vom Lande auf treibenden Eisschollen, die durch weite Wasserstreifen von einander getrennt waren, und auf denen sie wahrscheinlich an den Überresten der Mahlzeiten der Eisbären ihre Nahrung finden. Mit grosser Geschicklichkeit gehen sie von einer Eisinsel auf die andere, indem sie kleinere, im Wasser schwimmende Eisstücke als Anhaltspunkte benutzen.“

Bemerkenswert sind auch die vielfachen Schollenfahrten, die nicht allein die Einwohner der Polargegenden, sondern auch schiffbrüchige Polarreisende, Walfischfänger u. a. haben machen müssen. Indem so das Treibeis auf der einen Seite als zerstörende Kraft den Untergang des Schiffes herbeiführt, bietet es zugleich auf seinem Rücken einen Ersatz für das Verlorene und vermag meilenweite Wege auf dem Ozeane zurückzulegen.“

Von Bedeutung sind endlich noch die Wirkungen des Treibeises auf die Dünung, die Tidenbewegung und den Wind. Schon John Ross machte die Bemerkung, dass das Meer innerhalb des

---

[1] Die schwedischen Expeditionen, p. 89.
[2] Die zweite deutsche Nordpolfahrt 2. p. 159.

Eises ruhig sei, und Weyprecht bemerkt, dass, wie jeder arktische Seemann wisse, die Winde durch das Eis selbst gedämpft werden. James Clark Ross rettete sich im Südpolarmeere vor dem Sturme, indem er sein Schiff ins Packeis steuerte.

Eine Schätzung des Alters der Eiszeit hat Mellard Reade aus dem Studium der Küstenbildungen der Flüsse Dee, Mersey und Ribbler versucht[1]). Nach seiner auf Hypothesen über die Art und Weise der Auffüllung des Merseythales und die spätere Denudation desselben, sowie über die Grösse der Strandlinienverschiebung im Jahrhunderte beruhenden Schätzung wären seit der letzten Eiszeit etwa 6000 Jahre vergangen. Die ganze Bestimmung hat indessen keinen Wert.

13. Die Lufthülle. Allgemeine Zirkulation in derselben.

W. v. Siemens über das allgemeine System der Luftzirkulation. In einer früheren Abhandlung: „Über die Erhaltung der Kraft im Luftmeere der Erde" [2]), hat W. v. Siemens die Anregung zu einer Auffassung der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre gegeben, welche sich in mehrfacher Beziehung als sehr fruchtbar erwies. Die mathematische Behandlung dieser Theorie durch Sprung[3]) giebt neuerdings Siemens Veranlassung, noch einmal auf den Gegenstand zurückzukommen[4]). Er hebt zunächst hervor, dass ein so ausserordentlich kompliziertes Problem, wie das des allgemeinen Windsystems, sich unmöglich rückwärts auf Grund mathematischer Berechnungen konstruieren lasse. In seinen Betrachtungen: „Über die Erhaltung der Kraft im Luftmeere der Erde," habe er zunächst versucht, die Kräfte festzustellen, welche die Luftbewegung hervorrufen, erhalten und hemmen, und demnächst gesucht, die durch ihr Zusammenwirken verursachte allgemeine Luftbewegung nach Richtung und Grösse durch Rechnung zu bestimmen. Seine Theorie solle nichts anderes sein, als eine erste Annäherung an die Wahrheit, weshalb er auch in diesem Sinne solche die Rechnung komplizierende Einflüsse, wie die nach den Polen hin abnehmende Temperatur und das Nichtzusammenfallen der Richtung der Zentrifugalkraft mit derjenigen der Schwerkraft, ausser Betracht gelassen habe. Letztere Thatsache, deren Wirkung auch aus der Betrachtung hervorgeht, dass die in höherer Breite rotierende Luftmasse überall die Tendenz haben muss, sich in grössten Kreisen fortzubewegen, also dem Äquator zuzustreben, würde eine Abnahme des Luftdruckes mit Annäherung an die Pole bewirken und müsste da-

[1]) Quartl. Journ. of Geolog. Soc. **44**. p. 291.
[2]) Sitzungsbericht der Kgl. Preuss. Akademie 1886, daraus abgedruckt in der Gaea 1886. p. 302 ff.
[3]) Metereolog. Zeitschr. 1890. p. 161.
[4]) Sitzungsbericht d. Kgl. Preuss. Akad. 1890. Juni 12. **30.** p. 629 ff.

Digitized by Google

durch das Resultat wesentlich beeinträchtigen, wenn diese Tendenz nicht durch andere Kräfte, welche die entgegengesetzte Wirkung haben, kompensiert würde. Der berühmte amerikanische Meteorologe Ferrel hat ebenfalls eine Theorie der atmosphärischen Zirkulation aufgestellt, von der jedoch Werner v. Siemens in wesentlichen Punkten abweicht. Zunächst behauptet Ferrel, dass bei der Verschiebung der mit der Erdoberfläche rotierenden Luft in meridionaler Richtung das aus der Astronomie bekannte Gesetz gelte, dass in gleicher Zeit gleiche Flächenräume beschrieben werden. Siemens bestreitet dessen Anwendung auf diesen Fall, denn alsdann müsste das Rotationsmoment konstant bleiben, wozu eine bedeutende Arbeitskraft erforderlich wäre während die Kraft gänzlich fehlt, welche diese Arbeit leisten könnte. „Wenn man," sagt er, „den Rotationsradius einer rotierenden festen Masse verkürzt, so muss die Kraft, welche die Verkürzung bewirkt, die Zentrifugalkraft überwinden. Die Summe der Produkte aller überwundenen Zentrifugalkräfte mit den zurückgelegten Wegen giebt die zur Beschleunigung der rotierenden Masse aufgewendete Arbeit, und diese reicht gerade hin, um das Flächengesetz aufrecht, d. h. also hier das Rotationsmoment konstant zu erhalten. Bei der Bewegung der Luft auf der Erdoberfläche sind aber gar keine analogen Verhältnisse vorhanden. Auf der Erdoberfläche findet bei tangentialer Verschiebung keine Änderung der Schwerkraft und keine Beschleunigung der verschobenen Masse durch die Gravitation statt. Ebensowenig lässt sich erkennen, wodurch ein Druck benachbarter Luftschichten auf die zu verschiebenden entstehen sollte, welcher die gewaltige Beschleunigungsarbeit, die die Erhaltung des Rotationsmomentes verlangt, zu leisten im stande wäre. Eine Verschiebung der ganzen Luftmasse eines rotierenden Ringes in meridionalem Sinne ist übrigens gar nicht ausführbar, da der Rauminhalt eines solchen Ringes von gegebener Dicke sich mit dem Kosinus der Breite verändert. Es muss also bei einer polaren Verschiebung ein entsprechender Teil der Ringmasse zurückbleiben, bezw. zum Äquator zurückkehren Aber auch für den wirklich in polarer Richtung verschobenen Teil des Luftringes ist gar kein physikalischer Grund zu finden, warum die Erhaltung des Rotationsmomentes bei den Luftströmungen angenommen werden müsste. Es würde im Gegenteile diese Annahme zu den grössten Widersprüchen und Diskontinuitäten führen."

Auch die Annahme Ferrel's, dass auf geneigten Flächen gleichen Luftdruckes ein Hinabgleiten der überlagerten Luftschichten stattfinden könne, bestreitet Siemens. „Auf isobaren geneigten Flächen," sagt er, „findet eben so wenig wie auf Niveauflächen ein Antrieb zu tangentialer Verschiebung statt. Dass eine solche Verschiebung überhaupt nicht bestehen könnte, ergiebt sich auch schon aus der Betrachtung, dass ein niedergehender Luftstrom,

Digitized by Google

falls er wirklich einträte, sogleich eine Druckänderung herbeiführen, mithin das Druckgleichgewicht stören und sofort einen Rückstrom veranlassen müsste. Es folgt hieraus, dass eine stetig fortschreitende Erwärmung der Atmosphäre, wie sie in Wirklichkeit — von Störungen abgesehen — von den polaren Gegenden ab bis zum Äquator hin stattfindet, noch keinen Grund für meridionale Luftströmungen bildet, wie auch Dove es annahm. Es lassen sich durch eine solche ungleich erwärmte Atmosphäre in allen Höhenlagen isobare Flächen legen, die vom Äquator bis zu den Polen reichen, und auf welchen keine freiwillige Luftbewegung eintreten kann. Trotz grosser Verdünnung oder „Auflockerung" der Luft durch die Wärme der äquatorialen Zonen würde die Atmosphäre daher in Ruhe bleiben, wenn keine Störung des indifferenten Gleichgewichtes in irgend einem Teile derselben stattfände. Das indifferente Gleichgewicht mit der ihm zugehörigen adiabatischen Temperaturskala ist der wahre Zustand des Gleichgewichtes und der relativen Ruhe der Atmosphäre. Dasselbe besagt, dass — abgesehen von aller Reibung — kein Arbeitsaufwand erfordert wird, um eine Luftmasse aus einer Höhenlage in eine andere zu bringen, das heisst also hier, dass die bei der arbeitenden Ausdehnung der Luft verbrauchte Energie im Wärmeverluste derselben durch Abkühlung ihr Äquivalent findet und umgekehrt. Die allgemeine Herrschaft des indifferenten Gleichgewichtes in der Atmosphäre ist daher der Zustand der relativen Ruhe desselben, und jede Störung dieses Gleichgewichtes tritt als Kraftansammlung auf mit der Tendenz, durch Luftbewegungen die Herrschaft des indifferenten Gleichgewichtes wieder herzustellen. Der Grund dieser Störungen ist ausschliesslich in der ungleichen Erwärmung der Luftschichten durch die Sonnenstrahlen, sowie in der ungleichen Abkühlung derselben durch die Ausstrahlung der Wärme ins Weltall zu suchen. Die Sonnenstrahlen erwärmen vorzugsweise den Erdboden und durch ihn die ihm zunächst liegenden tieferen Luftschichten. Der hierdurch bewirkte Temperaturüberschuss über die adiabatische Bodentemperatur, welche der mittleren Erwärmung der ganzen überlagernden Luftsäule entspricht, bildet eine Ansammlung freier Energie, gleichsam eine gespannte Feder, welche sich nur dadurch wieder ausgleichen kann, dass das gestörte indifferente Gleichgewicht durch Ausbreitung des vorhandenen Temperaturüberschusses der tiefsten Schichten auf sämtliche überlagernde Luftschichten bewirkt wird. Dies kann praktisch nur durch Luftströmung geschehen. Bei lokaler Begrenzung der Überhitzung wird sich irgendwo an lokal begünstigter Stelle eine Erhebung der überhitzten Luft herausbilden, welche dann an Höhe schnell zunimmt, da der Auftrieb proportional der Höhe des so gebildeten natürlichen Schornsteins wächst. Dieser Schornstein unterscheidet sich aber ausser seiner Höhe von den gebräuchlichen wesentlich da-

Digitized by Google

durch, dass er elastische Wände hat, und dass Druck und Dichtigkeit der Luftschichten innerhalb wie ausserhalb derselben mit der Höhe abnimmt. Es muss also die Luftgeschwindigkeit während des Auftriebes im umgekehrten Verhältnisse der Dichtigkeit zunehmen, da ja in jedem Zeitabschnitte gleich viel Luftmasse durch alle Querschnitte des Schornsteins strömen muss. Da bei der geringen Höhe der Atmosphäre im Vergleiche mit dem Erdradius keine in Betracht kommende Zunahme des Raumes mit der Höhe innerhalb derselben stattfindet, so muss ganz allgemein die Geschwindigkeit der Luftströmungen beim Auf- und Niedergehen mit dem örtlich herrschenden Luftdrucke zu- und abnehmen. Es wird daher auch beim Auftriebe der Luft ein grösserer Teil der in ihr angesammelten Sonnenenergie in lebendige Kraft bewegter Luftmasse verwandelt, wie ohne eine solche Beschleunigung der Fall sein würde Bei dem Auftriebe lokal begrenzter, am Boden überhitzter Luft wird das Endresultat ein lokaler Auftrieb mit beschleunigter Geschwindigkeit bis in die höheren und höchsten Luftregionen und gleichzeitig ein Niedergang der den Aufstrom umgebenden Luftschichten mit während des Niederganges verminderter Geschwindigkeit und schliesslich eine Ausbreitung der das Gleichgewicht störenden Wärmeansammlung am Erdboden auf sämtliche überlagernde Luftschichten unter Wiederherstellung des gestörten indifferenten Gleichgewichtes dieses Teiles der Atmosphäre sein.

Im wesentlichen ebenso, aber in der äusseren Erscheinung ganz verschieden, tritt diese Ausgleichung der Störung des indifferenten Gleichgewichtes durch Sonnenstrahlung auf, wenn sich die Überhitzung der dem Boden benachbarten Luftschichten auf ganze Erdzonen ausdehnt. Dann kann der Auftrieb kein lokal begrenzter mehr sein, sondern er muss die ganze heisse Zone systematisch umfassen. Er kann auch nicht mehr zeitlich begrenzt sein, sondern der Ausgleich muss ebenso wie die Störungsursache unbegrenzt fortdauern. Es muss sich mithin ein die ganze Atmosphäre umfassendes Strömungssystem herausbilden, welches schliesslich die Aufgabe erfüllt, die Überhitzung der dem Boden benachbarten Luftschichten der heissen Zone kontinuierlich der gesamten Atmosphäre in allen Höhenschichten und Breiten zuzuführen und dadurch das in der heissen Zone gestörte indifferente Gleichgewicht durch fortlaufende Luftströmungen wieder herzustellen. Wenn man unter Berücksichtigung des Umstandes, dass sich Strömungsbahnen nicht schneiden können, ferner des Umstandes, dass die Stromgeschwindigkeit eines aufsteigenden Stromes mit der Höhe, umgekehrt proportional dem daselbst herrschenden Luftdrucke, zunehmen muss, und endlich des Umstandes, dass die Luft die einmal erhaltene Geschwindigkeit so lange unverändert beibehalten muss, bis sie durch Reibung, Mischung oder Kompressionsarbeit aufgezehrt ist, die möglichen Strömungs-

Digitized by Google

bahnen konstruiert, so gelangt man mit Notwendigkeit zu dem von mir angenommenen Windsysteme, welches wesentlich auf dem Beharrungsvermögen der durch den äquatorialen Auftrieb in beschleunigte Bewegung gesetzten überhitzten Luft aufgebaut ist. Dieses Beharrungsvermögen treibt nicht nur die beschleunigt aufgestiegene Luft in den höheren Luftschichten den Polen zu, es ist auch die Ursache der Rückkehr derselben in den niederen Luftschichten zum Äquator."

Sehr beachtenswert ist, was Siemens über die Entstehung der grossen lokalen Kraftansammlungen, wie sie in den barometrischen Maximis und Minimis ihren Ausdruck finden, sagt: „Die Summe des Luftdruckes aller Teile der Erdoberfläche muss eine Konstante sein, da diese Summe das Gewicht der unveränderlichen Gesamtmasse der Luft darstellt. Einer lokalen Verminderung des Luftdruckes muss daher notwendig immer eine gleichzeitige Druckvermehrung an anderen Orten gegenüberstehen. Es ist offenbar unthunlich, die Ursache des Entstehens der Maxima und Minima in lokalen Zuständen der Atmosphäre zu suchen. Dieselben werden häufig durch das Barometer schon angekündigt, bevor irgend eine Veränderung in der Beschaffenheit der Atmosphäre am Erdboden hervorgetreten ist. Nur pflegen häufig leichte Wolkenstriche eine eingetretene Änderung in den höheren Luftschichten zu verraten. Ich habe daher auch schon in meinem Aufsatze: „Über die Erhaltung der Kraft im Luftmeere der Erde", den Entstehungsgrund der Maxima und Minima in die oberen Luftschichten verlegt. In diesen finden fortwährende Änderungen der Temperatur und Bewegungsgeschwindigkeit der Luft statt, welche von dem Orte des Aufstieges der Luft, d. i. von ihrer Temperatur und ihrem Wassergehalte vor dem Aufstiege, herrühren. Wenn kein Wechsel der Jahreszeiten stattfände, so würde wahrscheinlich auch in den Strömungen der Luft in den höheren Schichten eine grosse Regelmässigkeit obwalten, die denn auch den Witterungsverhältnissen eine gewisse Folgerichtigkeit geben würde, die bisher nicht zu erkennen ist. Wir können bisher nicht beurteilen, woher die Luft stammt, die auf irgend einer Stelle der Erdoberfläche augenblicklich in den höheren Luftschichten polwärts strömt. Von dem Orte des Aufstieges und der Jahreszeit wird es aber abhängen, welche Temperatur und Geschwindigkeit diese Luft besitzt. Denn da der Wärmeverbrauch beim Aufstiege der Luft, also bei der arbeitenden Ausdehnung derselben, ganz vom Grade der eingetretenen Verdünnung, also von der Höhe des Aufstieges abhängt, so wird bei warmer wie bei kalter Luft nahe dieselbe Temperaturverminderung stattfinden. Es muss also ein Wärmeüberschuss, den die Luft vor dem Auftriebe besitzt, der durch denselben verdünnten und abgekühlten Luft erhalten bleiben. Es müssen daher in allen Atmosphärenhöhen Temperaturdifferenzen vom Betrage der auf der Erdober-

Digitized by Google

fläche vorhandenen auftreten. Aus diesem Grunde wird im allgemeinen der Zustand der Atmosphäre nicht der des labilen Gleichgewichtes, sondern ein sogenannter stabiler sein, da die höheren Luftschichten wegen ihrer äquatorialen Provenienz durchschnittlich wärmer und leichter sein werden, wie es die adiabatische Temperaturskala des Ortes verlangt, über welchem sie sich befinden. Je höher der Temperaturüberschuss der Luft vor ihrem Aufstiege war, und je mehr Wasserdampf sie dabei enthielt, desto grösser muss aber auch die Geschwindigkeit werden, welche sie beim Aufstiege gewinnt. Es müssen also in den höheren Luftschichten der mittleren und höheren Breiten relativ warme und dadurch leichte Luftströme grosser Geschwindigkeit mit kälteren und langsamer strömenden abwechseln. Ein solcher Luftstrom relativ leichter und warmer Luft. welcher den oberen noch lufterfüllten Raum ganz oder teilweise einnimmt, stört nun aber seinerseits das indifferente Gleichgewicht der tiefer liegenden Luftschichten. An der Berührungsgrenze der Schichten muss die tiefere, relativ ruhige Luft unter zu grossem Drucke stehen. Sie muss sich also ausdehnen und von der über sie schnell fortströmenden leichteren Luft mit fortgerissen werden. Wie von Helmholtz nachgewiesen hat, muss diese Fortführung unter Wellenbildung mit grosser Energie von statten gehen. Die Folge muss also eine Ausdehnung und Aufströmung der unteren Luftmenge sein, welche so lange fortdauern muss, bis das durch den Minderdruck der oberen Luftschichten gestörte indifferente Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Der umgekehrte Fall wird eintreten, wenn der Luftdruck der oberen Schichten sich durch Abkühlung und Anstauung infolge der Verengung des Strombettes mit wachsender Breite über das ihrer Höhenlage zukommende Mass vergrössert. Dann wird ein Hinabsinken der Grenzschichten eintreten, wodurch eine Verdichtung der unteren Luftschichten mit entsprechender Druckvermehrung stattfindet. In beiden Fällen muss schliesslich das gestörte indifferente Gleichgewicht dadurch wieder hergestellt werden, dass die unterhalb der Störungsquelle liegenden Luftschichten durch auf- oder niederwärts gehende Ströme so viel Luftmenge abgeben oder aufnehmen, bis der Zustand des indifferenten Gleichgewichtes in der ganzen Höhe der Atmosphäre wieder hergestellt ist. Um dies zu bewirken, muss zunächst der Luftdruck der unteren Schichten so lange sich vergrössern oder vermindern, bis derselbe sich der Druckskala des indifferenten Gleichgewichtes der störenden oberen Luftschichten angepasst hat Es heisst das, dass der Druck am Erdboden sich mit der Druckänderung in der Höhe seinerseits proportional ändern muss — wodurch die überraschende Grösse der an der Erdoberfläche beobachteten Luftdruckänderungen ihre vollständige Erklärung findet. Diese Änderung des Zustandes der unteren Luftschichten wird auch nach diesem Ausgleiche noch so lange fortdauern, als die

Ursache der Störung in den oberen Luftschichten andauert. Bis dahin müssen Luftdruckminima mit aufsteigenden Luftströmen oder Luftdruckmaxima mit niedergehender Luftbewegung andauern und die Atmosphäre in weiterer Umgebung in wirbelnde Bewegung setzen. Erst wenn die Luftströmung in den höheren Schichten der Atmosphäre wieder normale Verhältnisse angenommen hat, wird wieder mittlerer Barometerstand und relative Luftruhe am Erdboden herrschen.

Die Theorie des allgemeinen Windsystems lässt sich hiernach in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Alle Luftbewegungen beruhen auf Störungen des indifferenten Gleichgewichtszustandes der Atmosphäre und erfüllen den Zweck der Wiederherstellung desselben.

2. Diese Störungen werden bewirkt: durch Überhitzung der dem Erdboden zunächst liegenden Luftschichten durch Sonnenstrahlung, durch unsymmetrische Abkühlung der höheren Luftschichten durch Ausstrahlung und durch Anstauungen bewegter Luftmassen beim Auftreten von Strömungshindernissen.

3. Die Störungen werden ausgeglichen durch aufsteigende Luftströmungen, bei welchen eine derartige Beschleunigung eintritt, dass die Zunahme der Luftgeschwindigkeit der Abnahme des Luftdruckes proportional ist.

4. Den Aufströmungen entsprechen gleich grosse Niederströmungen, bei welchen eine der Beschleunigung beim Aufstrome entsprechende Verminderung der Luftgeschwindigkeit stattfindet.

5. Ist das Gebiet der eingetretenen Überhitzung der unteren Luftschichten ein örtlich begrenztes, so findet ein lokaler Aufstrom statt, der bis in die höchsten Luftregionen reicht und die Erscheinung von Wirbelsäulen mit im Inneren spiralförmig aufsteigenden, ausserhalb in gleich gerichteten Spiralwindungen niedergehenden Luftströmen darbietet. Das Resultat dieser Wirbelströmungen ist Ausbreitung des Wärmeüberflusses der unteren Schichten, durch welche das adiabatische Gleichgewicht gestört wurde, auf die ganze überlagernde Luftsäule, die an der Wirbelbewegung teilnahm.

6. Falls das Gebiet der Störung des indifferenten (oder adiabatischen) Gleichgewichtes sehr ausgedehnt ist, also z. B. die ganze heisse Zone umfasst, so kann die Temperaturausgleichung nicht mehr durch lokale aufgehende Wirbelströmungen erfolgen. Es müssen sich dann Wirbelströmungen bilden, welche die ganze Atmosphäre umfassen. Es gelten für dieselben die für lokale Wirbel aufgestellten Bedingungen des beschleunigten Aufstieges der Luft und des verzögerten Niederganges derart, dass die durch Wärmearbeit entstandene Geschwindigkeit der Luftbewegung in den verschiedenen Höhenlagen annähernd dem dort herrschenden Luftdrucke umgekehrt proportional ist.

Digitized by Google

7. Da das ganze Luftmeer infolge der stetigen, durch Wärmearbeit hervorgerufenen und erhaltenen meridionalen Strömung annähernd in allen Breiten mit derselben absoluten Geschwindigkeit rotieren muss, so kombinieren sich die durch Überhitzung erzeugten meridionalen Strömungen mit den terrestrischen zu dem grossen, die ganze Erde umfassenden Luftströmungssysteme, welches den Zweck erfüllt, die ganze Atmosphäre an der überwiegenden Wärmezufuhr in der heissen Zone teilnehmen zu lassen, äquatoriale Wärme und Feuchtigkeit den mittleren und höheren Breiten zuzuführen und die Entstehung der lokalen Luftströmungen der letzteren zu vermitteln.

8. Das letztere geschieht durch die Erzeugung von wechselnden lokalen Erhöhungen und Verminderungen des Luftdruckes durch Störung des indifferenten Gleichgewichtes in den höheren Schichten der Atmosphäre.

9. Minima und Maxima des Luftdruckes sind Folgen der Temperatur und Geschwindigkeit der Luftströmungen in den höheren Schichten der Atmosphäre.

Man kann hiernach als wesentlichste Aufgabe der Meteorologie die Erforschung der Ursachen und Folgen der Störungen des indifferenten Gleichgewichtes der Atmosphäre und als wichtigste Aufgabe der Wetterprognose die Erforschung der geographischen Herkunft der Luftströme betrachten, die auf ihren Wegen nach den Polen über uns fortziehen.“

Eine schematische Darstellung der allgemeinen Luftzirkulation, wie man sich diese nach den neuesten Forschungen vorzustellen hat, gab W. v. Bezold [1]). „Der Temperaturunterschied,“ sagt er, „zwischen den äquatorialen und polaren Gegenden bedingt in den hohen Regionen der Äquatorialzone einen Luftabfluss nach den Polen zu. Dieser Strom wird infolge der ablenkenden Kraft der Erdrotation zuerst in einen südwestlichen — auf der Südhemisphäre in einen nordwestlichen — dann mehr und mehr in einen nahezu rein westlichen verwandelt. Zugleich wächst nach dem Flächensatze seine Geschwindigkeit mit dem Weiterschreiten nach höheren Breiten. Die hieraus sich entwickelnden Zentrifugalkräfte überwiegen nun von bestimmten Breiten an über den Einfluss der Temperaturen, welcher ein fortgesetztes Steigen des Luftdruckes nach den Polen hin bedingen würde, so dass dieser Druck, der anfänglich mit der Entfernung vom Äquator thatsächlich wächst, von diesen Stellen ab wieder abnimmt, und zwar beinahe bis zum Pole hin. So entstehen zwei Gürtel höheren Druckes (Ferrel), die sich in den Mittelwerten mehr oder minder geschlossen, jedoch mit deutlich erkennbaren getrennten Kernen, in den Einzelfällen aber vielfach durchbrochen zeigen.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1891. p. 241 ff.

Digitized by Google

Diese beiden Gürtel hohen Druckes sind Gebiete absteigenden Stromes, wie sich schon in den Bewölkungsverhältnissen zu erkennen giebt.

Zugleich sind die Luftbewegungen dort schwach, da bei der enormen Änderung im Querschnitte, welche die Luftströme beim Übergange aus der horizontalen in die vertikale Richtung erfahren, die Geschwindigkeit und mit ihr auch die kinetische Energie erheblich vermindert wird.

Auf der äquatorialen Seite der beiden Gürtel wehen die Passate, abgesehen von der Unterbrechungsstelle, welche durch die Monsune in das ganze System gebracht wird. Auf den polaren Seiten finden sich, wenigstens in grösseren Höhen, die Bedingungen erfüllt, welche nach von Helmholtz zur Entstehung von Wirbeln Anlass geben müssen.

So folgen in diesen Gegenden Cyklone auf Cyklone, die nur durch Kämme höheren Druckes von einander getrennt, in den grossen, die Pole umgebenden Wirbeln ostwärts weiter getragen werden. Die Anticyklonen dagegen sind Teile der Ringe hohen Druckes, und für die Lage ihrer Kerne sind nun die Temperaturverhältnisse von wesentlichem Belange, insofern sie immer relativ kalte Gebiete aufsuchen, also im Sommer und in niedrigeren Breiten die Meere, im Winter und in höheren Breiten die Festländer.

Diesen Verhältnissen ist es zuzuschreiben, dass der Ring hohen Druckes sich auf der südlichen Hemisphäre nahezu in der Gestalt zeigt, wie man sie nach der Theorie zu erwarten hat, während er auf der nördlichen gewaltig verzerrt erscheint.

Insbesondere macht sich der Einfluss des asiatischen Kontinentes in so hohem Grade geltend, dass der Kern der grossen sibirischen Anticyklone um 25° aus jener Breite hinausgerückt ist, in welcher das Luftdruckmittel für ganze Breitekreise den Maximalwert erreicht. Während nämlich dieser Wert sowohl im Jahresmittel als auch in extremen Monaten ungefähr auf den 35. Breitengrad fällt, so findet man den Kern der sibirischen Anticyklone im Januar etwa in 60° nördlicher Breite.“

14. Temperatur.

Der tägliche Gang der Temperatur zu Paris an ganz heiteren und ganz trüben Tagen ist von Angot untersucht worden auf Grund stündlicher Temperaturbeobachtungen zu Parc Saint Maur während der 11 Jahre 1878—1888 [1]). „Der tägliche Wärmegang folgt bei Tage einem anderen Gesetze als bei Nacht. Bei Tage ist die Luftwärme eine Funktion der Sonnenhöhe oder

[1]) Ann. des Bureau Centr. Mét. de France 1889. **1.** p. 133—154, ausführliches Referat von Hann in der Meteorol. Zeitschrift 1891, Februarheft p. 65.

Digitized by Google

des Stundenwinkels der Sonne und kann durch Sinuskurven zur vollständig befriedigenden Darstellung gebracht werden. Nach Sonnenuntergang wirkt nur die Wärmeausstrahlung, und der Temperaturgang ist dann durch eine Exponentialfunktion gegeben. Bei Sonnenaufgang, wo die beiden Wärmelinien. die ein verschiedenes Gesetz befolgen, zusammenstossen, erfolgt die Änderung etwas sprungweise. Die herabsteigende Exponentialkurve erleidet einen Bruch, die Linie steigt nun, einen stumpfen Winkel bildend, rasch wieder an. Aus dieser Eigenschaft des täglichen Wärmeganges ergiebt sich die Schwierigkeit, denselben bloss durch Sinuskurven (oder durch die sogenannte Bessel'sche Formel) befriedigend zum Ausdrucke bringen zu können, was besonders Wild mit Recht betont hat".

Angot trennt den Wärmegang bei Tage von jenem bei Nacht, stellt ersteren durch Sinusreihen dar, letzteren durch eine Exponentialfunktion und gelangt derart zu völlig befriedigenden Resultaten.

Die mittlere Temperatur von Paris hat E. Renou auf Grund einer kritischen Prüfung aller vorhandenen Beobachtungen von 1757 bis 1886 bestimmt[1]), und Professor Hann hat aus dieser umfangreichen Arbeit ,einen für den praktischen Meteorologen brauchbaren Auszug gegeben[2]).

Der kälteste Tag ist hiernach der 10. Januar mit 1.5°, der wärmste der 18. Juli mit 20.2°, was eine Jahresschwankung von 18.7° giebt. Die mittlere Temperatur haben der 18. April und der 18. Oktober. Gut ausgeprägte Temperaturrückgänge, die auch schon anderwärts in gleicher Weise aufgezeichnet worden sind, fallen auf den 11. bis 13. Februar, auf den 10. Mai (sehr schwach ausgeprägt), auf den 17. bis 21. Juni (gut ausgeprägt), auf den 21. November und auf den 26. Dezember.

Temperatur von Paris 1756—1886. Mittel für die zwölf Dezennien von 1761 bis 1880 (bürgerliche Jahre).

	1761/70	71/80	81/90	91/1800	1801/10	11/20	21/30	31/40	41/50	51/60	61/70	71/80	Mittel 1761/1880
Jan. . .	1.5	0.9	3.0	2.2	2.7	1.7	1.3	2.0	1.9	3 6	2.6	3.0	2.2
Febr. .	4.2	4.1	3 8	4.3	4.1	4.8	3.6	4.6	4.1	3.1	4.9	4.9	4.2
März .	5.5	7.3	5.2	5.8	6.4	6.4	7.2	6.1	6.2	6.1	6.2	7.5	6.3
April .	10.1	9.4	9.7	10.9	9.2	10.3	10.7	9.1	10.1	9.9	11.6	10.4	10.1
Mai . .	14.2	14 0	14.4	13.2	14.7	14.2	14.3	14.1	14.0	13.0	14.5	12.6	13.9
Juni . .	17.6	17.8	17.5	15 9	16.6	16.4	17.1	17.9	17.4	17.0	17.0	17.0	17.1
Juli . .	19.8	19.6	18.5	18.7	17.8	18.1	18.9	19.1	18.2	18.9	19.2	19.1	18.8
Aug. .	19 6	20.0	17.9	18 6	19.1	17.6	18.7	18.9	18.0	18.7	18.1	19.0	18.7
Sept. .	16.2	16.4	15.6	15.5	15.9	15.4	16.0	15.3	15.6	15.3	16.0	15.7	15.7
Okt. . .	10.3	12.0	10.2	11.0	11.0	11.2	11.7	11.4	10.5	11.6	11.3	10.8	11.1
Nov. . .	6.0	6.4	5.0	6.2	6.6	6.1	7.3	6.9	6.7	5.5	6.3	6.2	6.3
Dez. . .	2 1	3.6	2.2	3.0	4 0	3.0	4.2	3.5	3.2	3.4	3.6	2.5	3.2
Jahr	10.6	10.9	10.2	10.4	10.7	10.4	10.9	10.8	10.5	10.5	10.9	10.7	10.63

[1]) Ann. des Bureau Central. Mét. de France 1887. 1. p. 195—22

[2]) Meteorolog. Zeitschrift Februarheft 1891. p. 61 u. ff.

Digitized by Google

Mittlere Jahresextreme.

Min.	-8.7	-8.9	-11.6	-9.5	-10.7	-10.3	-10.8	-9.5	-9.5	-9.8	-8.7	-11.4	-10.0
Max.	33.4	33.5	32.4	28.8[1])	33.3	31.4	33.2	33.7	33.1	32.6	32.6	33.1	32.6
Schw.	42.1	43.3	44.0	38.3	44.0	41.7	44.0	43.2	42.4	42.4	41.3	44.5	42.6

Absolute Extreme der einzelnen Dezennien.

Min.	-16.3	-17.2	-21.8[2])	-17.0	-15.5	14.3	-17.2	-19.0	-15.1	-16.2	-11.1	-25.6[3])	-25.6
Max	36.2	35.6	34.6	35.5	36.8	34.5	36.3	35.0	36.7	36.2	35.9	35.3	36.8

Die Veränderlichkeit der Temperatur in Österreich ist Gegenstand einer grossen Arbeit von Prof. Hann gewesen [4]). Schon 1875 hat derselbe eine Untersuchung veröffentlicht über die Veränderlichkeit der Tagesmittel der Temperatur von einem Tage zum anderen auf der Erdoberfläche überhaupt. Der Begriff der „Veränderlichkeit der Temperatur“ wurde hier zuerst festgestellt, und dieses meteorologische Element nach verschiedenen Richtungen hin einer Untersuchung unterzogen. Von den österreichischen Stationen erscheint in dieser Abhandlung nur Wien in Vergleich gezogen. Seither wurde im Anschlusse an die zitierte Abhandlung die Veränderlichkeit der Temperatur detaillierter behandelt von Dr. Döring für Südamerika, Dr. Kremser für Norddeutschland, Wahlén für Russland, Scott für die britischen Inseln, Knipping für Japan, abgesehen von zahlreichen Berechnungen für einzelne Orte. Prof. Hann erblickte hierin eine Aufforderung, seine erstgenannte Arbeit dahin zu ergänzen, nun auch für Österreich die Veränderlichkeit der Temperatur einer speziellen Bearbeitung zu unterziehen. Die Ergebnisse derselben sind in der oben erwähnten Abhandlung veröffentlicht. In derselben werden von 53 Orten in Österreich die mittlere Veränderlichkeit der Temperatur und die mittlere Häufigkeit der Temperaturdifferenzen bestimmter Grösse (nach Gradintervallen) mitgeteilt. Die mittlere Veränderlichkeit ist hier zum ersten Male auf die gleiche Zeitperiode (1871/80) reduziert. Die Notwendigkeit einer derartigen Reduktion wird eingehend nachgewiesen und erörtert. Ohne dieselbe ist eine genauere Konstatierung der örtlichen Unterschiede unmöglich. Durch die Berechnung der Veränderlichkeit der Temperatur von Wien in der Periode 1800 bis 1890 konnte z. B. gezeigt werden, wie bedeutend selbst noch die zehnjährigen Mittel der Veränderlichkeit, aus verschiedenen Zeiträumen abgeleitet, differieren. Wie erheblich eine sehr geschützte Aufstellung der Thermometer im Inneren einer Stadt die Veränderlichkeit der Temperatur scheinbar herabmindern kann, wird an dem Beispiele von Graz nachgewiesen.

[1]) Ohne die Jahre 1795 und 1796 ist das mittlere Maximum 30.4°.
[2]) Dezember 1788.
[3]) Dezember 1879.
[4]) Sitzungsbericht der Kaiserl. Akademie zu Wien 1890. **25.**

Digitized by Google

Der mittleren Veränderlichkeit der Temperatur nach folgen sich die einzelnen Teile von Österreich in folgender Reihe: Bosnien 2.25, Schlesien 2.12, Ost-Galizien und Bukowina 2.04, West-Galizien 1.98, Niederösterreich 1.98, Nord-Tirol 1.89, Oberösterreich 1.88, Mähren 1.85, Böhmen 1.81, Steiermark 1.76, Krain 1.75, Kärnten 1.58, Süd-Tirol 1.46, Dalmatien 1.37, Nordküste der Adria 1.35. Die hochgelegenen Stationen sind aus diesen Mitteln ausgeschlossen worden. Die Temperaturveränderlichkeit nimmt mit der Höhe im allgemeinen zu, es lässt sich aber keine Regel dafür feststellen. Im allgemeinen scheint es, dass die Veränderlichkeit der Temperatur in den Höhen von 1400—1800 *m* (in den Alpen) am grössten ist und dann nach oben wieder abnimmt. Die sehr hohen Stationen Säntis (2500 *m*) und Sonnblick (3100 *m*) haben im Jahresmittel wieder eine kleine Veränderlichkeit, was daher rührt, dass zwar im Winter die Veränderlichkeit der Temperatur noch bis zur Sonnblickhöhe zunimmt, im Sommerhalbjahre aber, speziell vom Mai bis inklusive September, stark abnimmt. Die grösste mittlere Veränderlichkeit hat der Schafberggipfel (1780 *m*) mit 2.65°, die kleinste Riva mit 1.15°. Von 76 komparierenden Orten (benachbarte des Auslandes beigezogen) nimmt Wien den 52. Platz in aufsteigender Ordnung ein (mit 1.96°), Sonnblick den 57. (mit 2.05°). Der Einfluss der Örtlichkeit auf eine besondere Steigerung der Veränderlichkeit wird in einigen Beispielen aufgezeigt: (Gutenstein (NÖ) 1.81°, Reichenau 2.19°, Ischl 1.76°, Aussee 2.02°). Auf der Südseite der Alpen ist die Temperaturveränderlichkeit erheblich kleiner als auf der Nordseite. Die Veränderlichkeit nimmt auch nach Westen hin mit der Annäherung an den Ozean ab. Diese Abnahme tritt aber in den Jahresmitteln deshalb weniger stark hervor, weil im kontinentalen Klima die Veränderlichkeit der Temperatur im Sommer viel stärker vermindert ist, als an Orten, die den Küsten näher liegen.

Im allgemeinen erreichte die mittlere Veränderlichkeit in der Periode 1871—80 im Dezember ein Maximum und im September ein Minimum. In Böhmen, Mähren und Schlesien, Ober- und Niederösterreich, Tirol, im Küstenlande und in Bosnien tritt im Juni ein zweites Maximum der Veränderlichkeit auf, das in den letztgenannten drei Ländern dem Wintermaximum recht nahe kommt. Auch der März hat im Süden vielfach ein Maximum. Die Hochstationen haben das Hauptmaximum gleichfalls im Dezember, das Minimum aber entschieden im Mai. Vom Mai bis inklusive September sind die Differenzen: Hochstationen – Niederung negativ, in den übrigen Monaten positiv. Der Übergang vom April zum Mai und vom September zum Oktober findet sprungweise statt und zeigt hierin in den einzelnen Jahrgängen eine grosse Beständigkeit. Auch die Hochthäler haben gegenüber dem Gebirgsvorlande im Frühjahre eine relativ geringe Ver-

änderlichkeit, je höher der Ort liegt, desto mehr rückt der Eintritt dieses Minus an Veränderlichkeit gegen den Sommer vor. Die Unterschiede im jährlichen Gange der Veränderlichkeit in grossen Höhen und in der Niederung werden einer eingehenden Untersuchung unterzogen.

Die mittleren Maxima der Erwärmung (der positiven Differenzen) und der Erkaltung wurden gleichfalls spezieller untersucht. In Süd-Tirol und dem Küstengebiete überwiegen das ganze Jahr hindurch die mittleren Maxima der Erkaltung gegenüber den mittleren Maximis der Erwärmung. In den übrigen Teilen Österreichs bildet nur der Winter eine Ausnahme, wo die Erwärmungen überwiegen. Auch auf den Hochstationen überwiegen das ganze Jahr hindurch die Maxima der Erkaltungen. Dieses Übergewicht ist überall am grössten im August, den Süden ausgenommen, wo dies im September stattfindet.

Der Untersuchung der Verhältnisse der mittleren Häufigkeit der Temperaturdifferenzen verschiedener Grösse ist der zweite Abschnitt der Abhandlung gewidmet. Es sei hier nur erwähnt, dass die mittlere Anzahl der Tage im Jahre, an welchen die Temperatur von einem Tage zum nächsten sich um $\pm$ 4° C. und mehr geändert hat, beträgt in Bosnien 55.8, Galizien 45.1, Ober- und Niederösterreich 41.1, Nord-Tirol 38.3, Böhmen und Mähren 35.5, Steiermark 33.3, Kärnten und Krain 29.6, Dalmatien 15.4, Süd-Tirol 14.1. Was einzelne Orte anbelangt, so steht Riva mit 6.4 Tagen im grössten Gegensatze zum Schafberggipfel mit 64.2 Tagen.

Von 50 komparierenden Orten ist Wien mit 25.4 Tagen einer negativen Temperaturdifferenz über 4° der 40. Ort in aufsteigender Ordnung; dann kommt gleich der Sonnblick mit 27.5, Sarajevo hat 29.3, Dolnja Tuzla 33.1, das Baumgartner Haus am Schneeberge bei Wien 39.8 solcher Tage.

Temperaturdifferenzen von 8° und darüber giebt es im Hochgebirge oberhalb 2000 *m* 7.6 im Jahre, in Bosnien 6.6, in Galizien 4.8, in Österreich 3.0, in Kärnten und Krain 2.5, in Steiermark 2.2, in Böhmen und Mähren 2.1, in Dalmatien 0.9, in Süd-Tirol 0.3. Die Häufigkeit der grösseren Temperaturdepressionen wird spezieller untersucht. Die grösseren Erkaltungen von 4° und darüber nehmen im Verhältnisse zu den gleich grossen Temperaturveränderungen überhaupt nach Süden hin zu, an absoluter Zahl natürlich ab. (Galizien 26, Österreich 23, Böhmen und Mähren 20, Ost-Alpenländer 19, Süd-Tirol 12, Steiermark und Dalmatien 11, Hochstationen in 2000 *m* 30.) Die grösseren Erkaltungen sind überall häufiger als die gleich grossen Erwärmungen

An den Stationspaaren Sonnblick-Salzburg und Obir-Klagen-

Digitized by Google

furt wird aus den Beobachtungen korrespondierender Jahrgänge das Verhältnis der Häufigkeit der Erwärmungen zu jener der Erkaltungen überhaupt in der Niederung und auf grossen Höhen untersucht, ferner die Häufigkeit eines Zeichenwechsels in den Temperaturdifferenzen sich folgender Tage (Wahrscheinlichkeit eines Temperaturumschlages). Die Unterschiede sind hier geringfügig. Es wird dann auch noch die mittlere Dauer der Erwärmungen und Erkaltungen auf grossen Höhen im Vergleiche zur Niederung geprüft. Beide sind in grossen Höhen länger: Erkaltungen oben 2.30, unten 2.14 Tage, Erwärmungen oben 2.57, unten 2.42 Tage. Diese Verhältnisse werden auch in bezug auf ihre jährliche Periode untersucht. Die mittlere Dauer der Erwärmungen mehr jener der Erkaltungen giebt die Länge der Temperaturwellen, welche mit der Höhe etwas zunehmen; Klagenfurt - Salzburg geben 4.56 Tage, Obir 4.61, Sonnblick 4.93. In einem durchschnittlichen Monate passieren oben 6.5, unten 7 Temperaturwellen. Es wurden dann auch die mittleren Maxima der Dauer dieser Temperaturwellen speziell behandelt, und wird die jährliche Periode der letzteren überhaupt untersucht. Diese Temperaturwellen scheinen, nach einer genaueren Rechnung, ihre grösste Länge (Dauer) im März zu erreichen mit 5.11 Tagen und im September mit 4.48 Tagen, ihre kleinste im Juli und Dezember mit 4.64 Tagen.

Zum Schlusse wird noch gezeigt, dass in den 90 Jahresmitteln der Temperaturveränderlichkeit zu Wien ein Einfluss der Sonnenfleckenperiode auf die Grösse der Veränderlichkeit nicht nachzuweisen ist.

Untersuchungen über die Temperatur der Luft des Waldes unter und über den Baumkronen, sowie im Freilande sind auf Veranlassung von Lorenz-Liburnau in den Jahren 1885 bis 1887 an einer Station am nördlichen Rande des Wiener Waldes und an einer 2 *km* entfernten Freistation angestellt worden [1]). Die Ergebnisse sind folgende:

1. Temperatur der Luft. Das besonnte Kronendach des Waldes spielt in bezug auf die Temperatur eine ähnliche Rolle, wie die bodenständige Vegetation im Freilande, dergestalt, dass im Walde eine Abnahme der Temperatur erst oberhalb der Kronenoberfläche sich ausspricht Die Luftschicht zwischen der Krone und dem Waldboden verhält sich analog dem Untergrunde des mit Vegetation bekleideten Freilandes. Bei Nacht ist die Baumkrone wie die Vegetationsdecke des Freilandes eine Kältequelle infolge der Ausstrahlung. Die Erniedrigung der Temperatur im Waldinneren ist eine Wirkung der Beschattung, viel

[1]) Mitt. vom forstlichen Versuchswesen in Österreich **12**. I. Teil. Wien 1890.

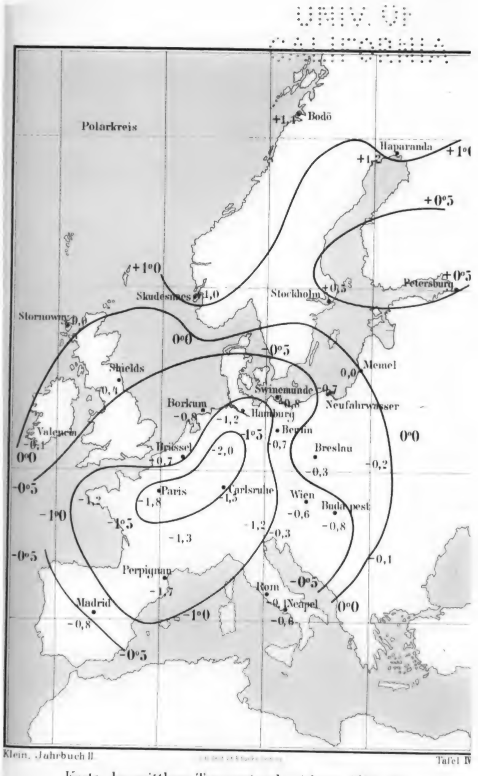
weniger der Transpiration, welche bislang überschätzt wurde. Allerdings beeinflusst die Transpirationskälte einigermassen den Grad der Erwärmung der Luft oberhalb der Kronenoberfläche. Die absoluten Werte der Temperaturdifferenzen zwischen Wald und Freiland sind nicht sehr bedeutend und hauptsächlich vom Charakter des Waldes und des damit verglichenen Freilandes abhängig. Der Wald erhöht gegenüber dem Freilande zugleich die absolute und relative Feuchtigkeit der Luft. Dieses Ergebnis wird jedoch wesentlich bedingt durch die klimatisch-geographische Lage der Versuchslokalität und durch die Kulturbeschaffenheit des Freilandes. Hinsichtlich der absoluten Feuchtigkeit werden Abweichungen vorkommen, je nachdem man es mit mehr ozeanischem oder mehr kontinentalem Klima zu thun hat. Bei mehr ozeanischer Lage nimmt nur die relative Feuchtigkeit zu. Nach den Beobachtungen bei Ried wurden oftmals derartige Überschüsse der absoluten Feuchtigkeit in den Baumkronen ermittelt, so dass der Wald in unserem Falle notwendiger Weise den Dampfgehalt der Luft bis in eine beträchtliche Höhe bereichern muss Mit der Erhöhung der Luftfeuchtigkeit wächst aber auch die Möglichkeit von Niederschlägen. Aus den hervorgehobenen meteorologischen Eigentümlichkeiten der Waldluft lassen sich schon ohne weiteres Konsequenzen für die Fernwirkung des Waldes in der Umgebung ziehen, deren Nachweis, gestützt auf die Beobachtungen der Radialstationen im demnächst erscheinenden zweiten Teile der besprochenen Publikation zur Diskussion gelangen wird. Bei Abwesenheit allgemeiner Luftströmungen müssen selbständige Ausgleichsströmungen zwischen Wald und Freiland in Aktion treten. Es bildet sich eine lokale Luftzirkulation aus, indem abwechselnd Aspiration und Respiration stattfindet und gegenseitige Beziehungen zwischen Wald und Freiland unterhalten werden. Diese, wenn auch sehr mässige Luftzirkulation modifiziert bis zu einem gewissen Abstande vom Waldsaume die Verhältnisse der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in der Umgebung. Der Wald wird aber auch allgemeine Luftströmungen in dem Sinne abändern, dass die meteorologischen Eigenschaften jener Partien der Baumkronen, welche vom Winde durchweht werden, dem Umkreise des Waldes vermittelt werden. Zunächst partizipiert daran die Leeseite des Waldkomplexes.

Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist bei der Fahrt des Ballons „Herder“ am 10. Juli 1889 festgestellt worden[1]). Die Bearbeitung der Beobachtungen wurde von Dr.

[1]) Jahresbericht für 1890 des Münchener Vereins für Luftschiffahrt. Wochenschrift für Astronomie und Meteorologie 1891. Nr. 5 u. 6.

Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

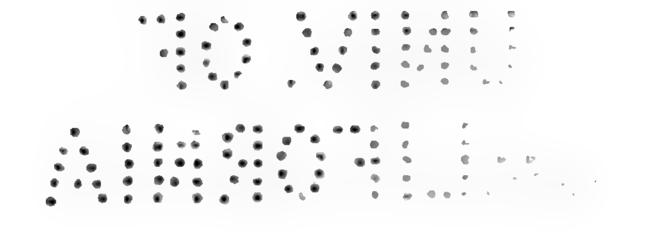


Klein, Jahrbuch II. Tafel IV

Karte der mittlern Temperaturabweichung 1886-90

von A. Lancaster.

Digitized by Google



ed by Google

F. Erk und Dr. Finsterwalder ausgeführt. Das Ergebnis der Beobachtungen ist in folgender Tabelle enthalten:

Zeit	9^a	10^a	10.10^a	10.17^a	10.30^a	10.50^a	11^a	11.20^a	11.40^a	11.50^a
Ballonhöhe in *m* .	919	1758	1823	1988	2030	2229	2227	2489	2632	2888
Temperatur C.° .	20.1	13.8	13.7	11.9	11.5	11.3	10.2	8.9	8.0	5.6
Temp. in 1244 *m*	17.7	18.1	18.1	18.2	18.3	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7
Temperaturabnahme C.° . .	0.74	0.84	0.76	0.85	0.87	10.71	0.83	0.79	0.76	0.80
Temp.-Stufe in *m*	135	120	132	118	116	41	120	127	131	125
Aus der konstanten Temp.-Abnahme zu 0.793° gerechnete Temperatur in Höhe des Ballons . . .	20.3	14.0	13.5	12.3	12.1	10.5	10.6	8.6	7.5	5.6

„Wie man sieht, schwankt die Temperaturabnahme pro 100 *m* zwischen 0.71° und 0.87° und beträgt im Mittel mit Rücksicht auf die Höhendifferenzen 0.793°. Die mittlere Temperaturstufe pro 1° beträgt hiernach 126 *m*. So hoch musste man sich also am 10. Juli erheben, damit die Temperatur um 1° sank. Eine ausgesprochene Veränderlichkeit der Temperaturabnahme mit der Höhe findet nach obiger Tabelle nicht statt, vielmehr zeigt die letzte Reihe derselben, in welcher die Temperaturen des Ballonortes aus der als konstant vorausgesetzten mittleren Temperaturabnahme von 0.793° und der angenommenen Temperatur in 1244 *m* Höhe berechnet, ausgeführt sind, eine leidliche Übereinstimmung (0.4° mittlerer Fehler) mit den Beobachtungen.

„Während also die Temperaturabnahme mit der Höhe in den Luftschichten 900 *m* Höhe (mehr als 400 *m* über dem Terrain) im grossen konstant ist, findet ein sehr bedeutender Unterschied statt, sobald wir die tiefer gelegenen Schichten ins Auge fassen. Auf einer Reihe von Stationen sind zwischen 7 a. m. und 3 p. m. stündliche Thermometerablesungen gemacht worden; wir greifen aus denselben diejenigen vier (München-Sternwarte, Weihenstephan, Landshut, Salzburg), welche der Flugbahn des Ballons am nächsten liegen, heraus, rechnen für jede die Temperaturabnahme gegenüber 1244 *m* und vereinigen die für einen Termin geltenden zu einem Mittel. So erhalten wir folgende Temperaturabnahmen zwischen 1244 *m* und dem Erdboden:

7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	m	1^p	2^p	3
0.21°	0.51°	0.67°	0.83°	1.01°	1.04°	1.06°	1.12°	1.13°

Höchst beachtenswert sind die Extreme dieser Zahlenreihe. Schon um 11 a. m. erreichen die Temperaturabnahmen den Betrag, bei welchem ein stabiles Gleichgewicht in der Atmosphäre nicht mehr möglich ist, also aufsteigende und absteigende Bewegungen notwendig entstehen müssen. Morgens dagegen ist die Temperaturabnahme so gering, dass die Vermutung wachgerufen wird, sie möchte in noch früherer Tagesstunde nicht nur nicht vorhanden gewesen sein, sondern statt ihrer eine Temperaturzunahme mit der Höhe bestanden haben. Ist doch um 7 a. m. die Tem-

Digitized by Google

peratur am Erdboden um kaum 1.5° höher als in der Luft in 1244 *m* Höhe. Diese Vermutung gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn wir erfahren, dass die Minimaltemperaturen der genannten vier Stationen in der Nacht vom 9. auf den 10. Juli 15.1° im Mittel betragen haben, während sich die mittlere Morgentemperatur um 7 a. m. auf 18.7° beläuft. Wenn daher das Minimum in der freien Atmosphäre um weniger als 1° unter die Morgentemperatur gesunken ist, so muss thatsächlich Temperaturumkehr bis 1244 *m* hinauf stattgefunden haben. Die Luftsäule im Thalkessel von Bayerischzell hat nach den Barometerregistrierungen um 4 a. m., der wahrscheinlichen Zeit des Temperaturminimums am Erdboden, sogar höhere Temperatur als um 7 a. m. gehabt, wobei allerdings der Einfluss der Feuchtigkeit nur schätzungsweise in Rechnung gezogen werden konnte. Wie weit sich eventuell die wirkliche Temperaturumkehr der Höhe nach erstreckt, und wo der wahrscheinlich unvermittelte Sprung zwischen den kalten, unteren und warmen oberen Schichten vor sich geht, könnte wohl am besten durch Beobachtungen in Fesselballons entschieden werden. Der Gang der Temperaturabnahme in den unteren Schichten deutet mit Sicherheit darauf hin, dass die untersten Schichten nachts in der Nähe des Bodens verhältnismässig kalt, tagsüber dagegen nicht in gleichem Grade warm sind, da jede Erwärmung, die ein Überschreiten des stabilen Gleichgewichtszustandes herbeiführt, durch Strömung auch höheren Schichten mit zu gute kommt. Es nimmt nämlich die Temperaturabnahme von 7 a. m. bis 11 a. m. pro Stunde durchschnittlich um 0.2° zu, dann aber, nachdem die Möglichkeit für Strömungen gegeben war, nur mehr um 0.03°. Deutlicher noch macht sich der Einfluss der Strömungen geltend, wenn wir die sogenannten potenziellen Temperaturen der Luft in 1244 *m* Höhe auf 450 *m* Höhe umgerechnet vergleichen mit den am Erdboden in dieser gleichen Höhe von 450 *m* (Mittel der Höhen der vier Stationen) beobachteten Temperaturen. Diese potenzielle Temperatur würde nämlich ein Luftquantum annehmen, welches ohne Wärmeabgabe aus dem bei 1244 *m* Höhe herrschenden Drucke in den bei 450 *m* herrschenden gebracht würde. Wenn diese potenzielle Temperatur gleich oder kleiner als die beobachtete ist, kann die Luft vom Erdboden auf Kosten ihres eigenen Wärmegehaltes bis 1244 *m* emporsteigen. Wie die Verhältnisse am 14. Juli 1889 lagen, zeigt folgende Tabelle:

Zeit	7 a	8 a	9 a	10 a	11 a	m	1 p	2 p	3 p
Potenzielle Temperatur C°	25.2	25.7	26.1	26.5	26 9	27.3	27.6	28.0	28.4
Beobachtete Temp. in 450 *m* C.°	18.6	21.3	23.0	24.7	26.5	27.0	27.5	28.3	28.8

Von 11 a. m. ab verschwindet der Unterschied zwischen den potenziellen und den am Boden in 450 *m* Höhe beobachteten Temperaturen fast gänzlich, was also beweist, dass von diesem

Digitized by Google

Zeitpunkte ab die Luft in der Höhe von 1244 *m* in den Kreislauf der vom Boden ausgehenden und zu ihm zurückkehrenden, auf- und absteigenden Strömungen einbezogen ist. Vorher sind die Luftmassen am Erdboden viel zu kalt, um bis 1244 *m* Höhe aufsteigen zu können, ja während der Nacht sind sie wahrscheinlich schon kälter als die Luft in 1244 *m* und würden sich beim Aufsteigen noch um ca. 9° unter die Temperatur jener höheren Luftschichten abkühlen. Betrachten wir nun auch die Hochstationen, die dem Einflusse des Bodens noch lange nicht entzogen sind. Wie wenig dieselben die Änderungen in der Temperatur der Atmosphäre widerspiegeln, kann man ersehen durch Gegenüberstellung ihrer Temperaturen und derjenigen, die sich aus der mittleren Temperaturabnahme von 0.93° und den Temperaturen von 1244 *m* für die gleiche Höhe ergeben. Wir führen dies für Wendelsteinhaus und Hohenpeissenberg durch.

Wendelsteinhaus:

	7a	8a	9a	10a	11a	m	1p	2p	3p
Fr. Atm.	13.1	13.5	13.9	14.3	14.6	14.9	15.3	15.6	16.0
Whaus.	12.7	13.3	14.3	15.3	15.3	16 8	19.2	19.8	20.8
Diff.	—0 4	—0.2	+0.4	+1.0	+0.7	+1.9	+3.9	+4.2	+4.8

Peissenberg:

Fr. Atm.	18.9	19.3	19.7	20.1	20 4	20.7	21.1	21.4	21.8
Pberg.	18.5	19 5	20.8	21.8	21.9	22.4	23 2	23,7	23.9
Diff.	—0.4	+0.2	+1.1	+1.7	+1.5	+1.7	+2.1	+2.3	+2.1

Auch hier ist also am frühen Morgen die Luft in der Nähe des Erdbodens kälter, im Laufe des Tages dagegen erheblich wärmer als die Luft der freien Atmosphäre. Der Unterschied ist bei der Station Peissenberg geringer und konstanter als bei der Station Wendelsteinhaus, was zum Teile der mit der Höhe zunehmenden Strahlung, zum grösseren Teile aber wohl dem Umstande zuzuschreiben ist, dass Peissenberg eine wirkliche Gipfelstation ist, während Wendelsteinhaus am Fusse einer nach Süden exponierten steilen Felswand liegt und somit einen durch die Örtlichkeit vermehrten Strahlungseinfluss erleidet."

Temperaturumkehrungen auf dem Thüringerwalde sind von Dr. G. Lehmann behandelt worden[1]). Die Beobachtungen wurden 1887—89 an den Stationen Erfurt, Schmücke und Inselsberg angestellt, nämlich an einer Thal-, einer Kamm- und einer Gipfelstation. Es findet sich, dass die Temperaturumkehrungen zu allen Zeiten des Jahres auftreten, nur mit dem Unterschiede, dass in den kälteren Monaten die Höhen oft tagelang wärmer sind, als die Ebene, während in der wärmeren Jahreszeit die Zunahme der Temperatur mit der Höhe, mit wenigen Ausnahmen, sich auf die Minimal- und Morgentemperaturen be-

[1]) Beilage zum Rudolstädter Gymnasialprogramm 1891.

Digitized by Google

schränkt. Die Differenz ist durchschnittlich im Winter grösser als im Sommer. Dem entsprechen auch die Mitteltemperaturen für die drei Stationen: in allen Jahreszeiten sind die mittleren Minimal- und Morgentemperaturen auf den Hochstationen relativ höher, als in der Ebene, dagegen sind die Abendtemperaturen auf der Höhe durchschnittlich normal gegenüber denen der Ebene, auf der Kammstation Schmücke auch die Mittagstemperaturen, während dieselben auf der Gipfelstation Inselsberg um etwa 1° zu niedrig sind. Dabei ergiebt sich zugleich als charakteristischer Unterschied zwischen der Gipfelstation Inselsberg und der Kammstation Schmücke, dass auf ersterer die Nacht- und Morgentemperaturen höher, die Mittagstemperaturen niedriger sind, als auf letzterer, während die Abendtemperaturen ungefähr dieselben sind. Auch diese Beobachtungen bestätigen die Erklärung, welche schon früher für das Phänomen der Temperaturumkehrungen gegeben worden ist. Das Eintreten der letzteren wird nämlich durch dieselben Ursachen bedingt, welche heiteres, ruhiges, trockenes Wetter veranlassen, hier also, wenn das Gebiet sich innerhalb einer barometrischen Anticyklone oder an der westlichen Abdachung desselben befindet. Der Wärmeverlust, welchen die Ebene alsdann durch die nächtliche Wärmeausstrahlung erleidet, ist grösser, als derjenige der Kammhöhen oder der Gipfel eines Gebirges. Vermehrt wird die Abkühlung des Thales noch dadurch, dass die erkaltete Luft sich allmählich herabsenkt und in den Thälern u. s. w. sammelt. Trotz der im allgemeinen stärkeren Wirkung der Sonne im Sommer erwärmen sich die Höhen doch nicht so stark, weil sie nur geringe Fläche darbieten, die Erkaltung der Erde im Winter dagegen kann tagelang andauern, namentlich wenn die Erwärmung durch Nebel fast unmöglich gemacht wird. Lagert gar Schnee, so verhindert dieser eine Erwärmung der unteren Luftschichten durch die Bodenwärme. Weiter kommt noch hinzu, dass der innerhalb einer Anticyklone herabsteigende Luftstrom sich aus physikalischen Gründen erwärmt und direkt zur Erhöhung der Temperatur auf den Gipfeln beiträgt, er senkt sich aber nicht bis zur Thalsohle, sondern wird vorher in horizontale Bahnen abgeleitet. Daher die auf Höhen zur Zeit der Temperaturumkehrung herrschende, ausserordentliche Trockenheit der Luft. Da der Kamm eines Gebirges der Wärmeeinstrahlung und -ausstrahlung grössere Fläche darbietet als der Gipfel, so erklärt sich daraus, dass es auf dem Gipfel bei Tage durchschnittlich kühler, in der Nacht und am Morgen wärmer ist als auf dem Kamme.

Die Temperaturumkehrung in Nordindien im Januar 1889 ist von J. Eliot in einer grösseren Abhandlung dargestellt und bezüglich ihrer Ursache untersucht worden[1], und Prof. Hann

[1]) Journal of the Asiatic Society of Bengal **2.** Nr. 1. 1890

Digitized by Google

giebt eine lichtvolle Analyse dieser Arbeit [1]), aus der folgendes entnommen ist. Es wird konstatiert, „dass mindestens während 11 Nächten des Januar 1891 die Minimumtemperaturen der Bergstationen höher waren, als die der Niederung von Nordindien. Obgleich die Umkehrung der normalen vertikalen Temperaturänderung während des Januar in Oberindien nicht selten auftritt, war doch der Januar 1889 abnorm durch die Häufigkeit dieser Fälle. Anticyklonische Witterungsverhältnisse blieben über Oberindien mit ungewöhnlicher Hartnäckigkeit herrschend, so dass erst gegen Ende des Monates Niederschläge, eine Depression begleitend, eintraten. Die hohe Temperatur war unzweifelhaft kausal verbunden mit den Luftdruckverhältnissen, wie dies ja auch in Europa und Nordamerika so gefunden worden ist. Die Temperaturverhältnisse während der Perioden gewöhnlicher anticyklonischer Witterung in Oberindien sind:

1. Erhöhte Tag- und Nachttemperatur an den Bergstationen, der Exzess ist bei Nacht nahe so gross, als bei Tage, so dass die tägliche Amplitude nicht geändert erscheint.

2. Erhöhte Tag- und verminderte Nachttemperatur und deshalb stark vergrösserte tägliche Wärmeschwankung über den Ebenen.

3. Wenn diese Verhältnisse besonders stark entwickelt auftreten, so ist die Nachttemperatur auf den Bergstationen gelegentlich um einige Grade (F.) höher als auf den Ebenen. Die Daten für den Januar 1889 zeigen, dass die niedrige Nachttemperatur nicht bloss ein Phänomen der Thäler oder der Niederungen unmittelbar am Fusse des Himalaya ist, sondern sich über ganz Nord- und Zentralindien erstrecken kann, bis zu einer Entfernung von einigen Hundert (englischen) Meilen von den Bergen Nordindiens.

Während unruhiger Witterung mit Schnee auf den Bergen, Regenschauern über den Ebenen, sind, wie speziell nachgewiesen wird, die Temperaturverhältnisse dagegen folgende:

1. Auf den Bergstationen werden die Nacht- wie die Tagtemperaturen unter die normalen e r n i e d r i g t, die tägliche Amplitude erscheint also wenig geändert.

2. An den Stationen der Ebenen ist die Tagestemperatur unter die Normale erniedrigt, die Nachttemperaturen sind aber höher, so dass die tägliche Wärmeschwankung stark vermindert erscheint.

3. Infolge dieser Verhältnisse ist die Abnahme der Nachttemperaturen mit der Höhe eine sehr rasche, und die Differenzen bis zu 7000 feet sind dann 10—15° F. (5.5—8° C.) grösser als gewöhnlich.

[1]) Meteorol. Zeitschr. Februarheft 1891. p. 74 ff.

Digitized by Google

Eliot untersucht dann auch die Temperaturverhältnisse während der Übergangsperioden, namentlich jene im Rücken einer Depression, einer „kalten Welle“, wie die Amerikaner sagen. Er zeigt an einem Falle, dass (Anfang Februar 1887) eine solche „kalte Welle“ in Nordindien mit einer Geschwindigkeit von ca. 30 miles pro Tag nach Osten hin sich fortpflanzte. Die Temperatur sinkt rapid, die tägliche Temperaturamplitude wird sehr verstärkt, die Luftfeuchtigkeit erscheint stark vermindert, namentlich in Bengalen (in Kalkutta von 85 auf 33 %, in Dakka von 90 auf 33 % in 24 Stunden). Auch die absolute Feuchtigkeit erscheint sehr stark vermindert. Kühle, westliche Winde folgen im Rücken der Depression und leiten wieder eine Periode schönen Wetters ein.

Eliot geht nun über zu einem Versuche der Erklärung dieser Thatsachen.

Die am meisten charakteristische Erscheinung der kalten Jahreszeit in Oberindien ist die grosse Ruhe der Luft, welche während der Nacht noch am stärksten hervortritt. Im Januar 1889 (1. bis 27.) war zu Roorkee der mittlere Windweg von 6^h a. m. bis 6^h p. m. 17 miles, von 6^h p. m. bis 6^h a. m. 4.5 miles, zu Lucknow resp. 31 und 16 miles. Die tägliche Wärmeschwankung in den Ebenen ist etwa 20° C., auf den Bergstationen 10° C. bei klarem, ruhigem Wetter im Januar. Auf die nun folgenden theoretischen Betrachtungen des Herrn Verfassers können wir nicht eingehen, desgleichen nicht auf die stets wiederkehrenden Sätze über den verschiedenen täglichen Gang der Temperatur unten und oben bei klarem, ruhigem Wetter. Dann sagt Eliot im wesentlichen folgendes: Die Temperatur über den Ebenen des Pandschab im Januar beträgt nachmittags im Maximum ca. 22°, bei Tagesanbruch aber nur etwa 2°. Die rapide Temperatursteigerung ruft eine aufsteigende Luftbewegung hervor. Wir können annehmen, dass diese trockene Luft ohne Kondensation bis zur Höhe der Bergstationen (2100 *m* absolut, 1800 *m* relativ) direkt emporsteigt. Sie würde in dieser Höhe eine Temperatur von 22 — 18 = 4° haben (der Verfasser sagt 5.5°, was aber nicht stimmt). Da sich bei Nacht die Temperatur wenig ändern dürfte, so können wir in diesem Niveau über den Ebenen eine Temperatur von 4° annehmen; d. i. 2° höher (der Verfasser sagt 3.6°) als die Minimumtemperatur in dem untersten Niveau. Auf den Bergstationen nun steigt die Temperatur bei Tage bis zu etwa 15—16° bei solcher Witterung. Nach Sonnenuntergang aber sinkt sie rasch, und die abgekühlten Luftmassen gleiten längs der Bergabhänge in die Niederung. Die Temperatur auf den Bergen in ca. 2100 *m* absolut (1800 *m* relativ) kann aber nicht erheblich tiefer sinken, als bis zu 4°, d. i. bis zu der Temperatur der freien Atmosphäre über den Ebenen in diesem Niveau, denn die von den Bergabhängen abfliessende erkaltete Luft

wird durch einen Zufluss in horizontaler Richtung aus der freien Atmosphäre ersetzt, und dieser Zufluss erhält die Temperatur auf dem konstanten Niveau von ca. 4°. In den Niederungen aber fällt die Temperatur durch die Wärmestrahlung in einer stagnierenden Atmosphäre bis zu etwa 2°, sinkt also unter die Minimumtemperatur der Bergstationen.

Der Verfasser zeigt nun an einigen Beispielen, dass die nächtlichen Minimumtemperaturen der Bergstationen in der That sehr nahe dieselben sind, wie die Temperaturen, welche trockene, aufsteigende Luftströme von der Maximumtemperatur der Stationen der Niederung in dieser Höhe haben würden. Die Konklusionen sind:

1. Bei normaler anticyklonischer Witterung, wenn die horizontale Luftbewegung bei Tag und Nacht sehr gering ist, ist die Temperatur in beträchtlicher Höhe über den Ebenen nahezu konstant und ist bedingt durch die Temperatur, welche trockene aufsteigende Luftströme zur heissesten Tageszeit in dieser Höhe annehmen.

2. Während solcher Perioden fliesst in der Nacht die Luft langsam von den Bergabhängen gegen die Niederungen hinab und wird ersetzt durch einen horizontalen Zufluss aus den höheren Luftschichten von nahezu konstanter Temperatur.

3. Die Temperatur sinkt an den Bergstationen sehr rasch um und nach Sonnenuntergang, bis sie den Stand erreicht hat, welcher der Temperatur der freien Atmosphäre in diesem Niveau entspricht. Dann bleibt sie nahezu konstant die ganze Nacht hindurch. Die kurze rasche Abkühlung bald nach Sonnenuntergang ist eine sehr charakteristische Erscheinung der Bergstationen bei normalem, klarem Wetter vom November bis Januar.

4. Auf den Ebenen von Nordindien fällt die Temperatur rasch und dann stetig die ganze Nacht hindurch bis kurz vor Sonnenaufgang. Die Temperatur der stagnierenden Luftschichten sinkt bis zu 4° und — 1° bei klarem Wetter im Januar. Das Sinken der Temperatur ist am grössten in einer beträchtlichen Entfernung vom Fusse der Berge, wo zugleich die Maximumtemperaturen höher sind, und somit auch die tägliche Wärmeschwankung. Es ist also wahrscheinlich (die mitgeteilten Beobachtungen sprechen dafür), dass unmittelbar an und nahe dem Fusse der Berge die Nachttemperatur durch die von den Abhängen herabsinkenden und dabei sich dynamisch erwärmenden Luftmassen etwas erhöht wird. Es ist demnach klar, dass die von den Bergen hinabsinkende Luft nicht zur Erkältung der Ebenen Nordindiens beiträgt, sondern umgekehrt dieselbe vermindert.

Über den Ebenen selbst in grösserer Entfernung vom Fusse der Berge wird die Luft bei Nacht nicht erneuert, sondern es bleibt dieselbe Luftmasse ruhig über der Erdoberfläche, welche

Digitized by Google

bei klarem Himmel durch die nächtliche Wärmeausstrahlung rapid erkaltet.

Eliot widmet dann noch einige theoretische Erörterungen den Temperaturverhältnissen bei und nach Niederschlägen auf den Bergen und in den Niederungen. Die schliesslich aufgestellten hauptsächlichsten Folgerungen für die Temperatur der Ebenen sind (nach einem Schneefalle auf den Bergen):

1. Eine kräftige und stetige Luftströmung von den Bergen gegen die Ebene und somit heftige Nord-, Nordwest- und Westwinde hinab gegen die Gangesebene.

2. Diese Strömung wird gespeist von einem Zuflusse von nahe konstanter Temperatur in dem Niveau über der temporären Schneegrenze. Die Temperatur derselben ist deshalb anfänglich nach der Aufklärung am niedrigsten und steigt mit dem Schmelzen des Schnees auf den Bergen. Eine der auffallendsten Eigentümlichkeiten der Witterung sind deshalb die niedrigen Maximumtemperaturen in Oberindien zu solchen Zeiten, trotz des klaren Wetters und der intensiven Sonnenstrahlung.

3. Eine Haupteigenschaft einer herabsteigenden Strömung ist grosse Trockenheit, daher herrscht abnorm niedrige Feuchtigkeit zu solchen Zeiten über der ganzen Area, auf welche sich der Einfluss solcher Strömungen erstreckt. Am stärksten wird dieser Einfluss natürlich dort gefühlt, wo, wie in Bengalen, gewöhnlich feuchte Seewinde vorherrschen.“

15. Luftdruck.

Der höchste und tiefste bis jetzt beobachtete Luftdruck. Nach einer Notiz von Prof. Hann[1]) hat man hierfür folgende Daten:

Der höchste direkt beobachtete Luftdruck war wohl der zu Tomsk am 16. Dezember 1877, wo bei —40.3° C. und schwachem Südost ein Barometerstand von 793.4 *mm* beobachtet wurde. Auf das Meeresniveau reduziert, giebt dies 802.0 *mm*. Da Tomsk nur 73.5 *m* Seehöhe hat, ist dieses Maximum reeller als das zu Barnaul (140 *m*) am gleichen Tage mit 803.4 *mm*; für Semipalatinsk (182 *m*) erhält man sogar 806 *mm*.

Am 13. Januar 1872 hatte Barnaul gleichfalls ein Barometermaximum von etwas mehr als 803 *mm* im Meeresniveau.

Die tiefsten Minima, die diesen Maximis gegenüberstehen, sind:

Rejkiavik, 4. Februar 1824, 692.0 *mm* (Maximum daselbst 23. Dezember 1836, 786.5, somit eine Schwankung von 94.5 *mm*).

Cunard Steamer Tarifa, 5. Februar 1870, 51° nördl. Breite, 24° westl. L., 694.2 *mm*.

---

[1]) Naturwissensch. Rundschau 1891. Nr. 12. p. 155.

Digitized by Google

Ostküste von Schottland, 26. Januar 1884, 694.2 *mm*.

Belfast, 9. Dezember 1886, 695.4 *mm*, endlich: Cyklone am 22. September 1885 zu False Point bei Kuttak (Orissa) 689.2 *mm*, mit Schwerekorrektion 687.8 *mm*, der tiefste bisher bekannte Luftdruck im Meeresniveau.

Man kann daher wohl ein Intervall von ca. 120 *mm* zwischen den höchsten und tiefsten Barometerständen im Meeresniveau annehmen.

Der wahre Betrag des Luftdruckes auf der Erdoberfläche. Im Anhange zu seiner Untersuchung über die mittlere Höhe der Kontinente[1]) giebt Heiderich eine Bestimmung des wahren Luftdruckes auf der Erde. Er sagt: „Die Wasser- und Landoberfläche bildet die Basis des Luftmeeres, und wenn sich dieselbe durchschnittlich auf 205 *m* erhebt, so muss man als mittleren Luftdruck der Erde den in diesem Niveau herrschenden bezeichnen, nämlich 740.1 *mm*, falls im Meeresniveau der Luftdruck von 760 *mm* wirklich herrscht. Dies ist aber bekanntlich nicht allenthalben der Fall, und eine Auswertung des wahren Luftdruckes auf der Erde setzt daher eine Bestimmung des mittleren reduzierten voraus. Eine solche Bestimmung führte Joseph Kleiber aus, und zwar nach folgender Methode. Er zeichnete nach Mohn's Meteorologie in Karten, welche in Lambert's flächentreuer isocylindrischer Projektion entworfen waren, die Isobaren des Juli und Januar. Die von den einzelnen Isobaren umschlossenen Flächen schnitt er aus und bestimmte mittels einer chemischen Wage ihr Gewicht und daraus die Grösse ihrer Flächen. Diese Berechnung stellte er für beide Hemisphären und für beide Monate an und gelangte mittels einfacher Interpolationsrechnung zu folgender Verteilung des Luftdruckes auf der Erde. In Millimetern:

	Januar	Juli	Mittel
Nördliche Hemisphäre	761.80	758.82	760.31
Südliche Hemisphäre	756.60	759.58	758.09
Gesamte Erde	759.20	759.20	

Danach ergiebt sich, dass zwischen beiden Hemisphären ein konstanter Unterschied im mittleren Luftdrucke von 2.22 *mm* besteht, und jede Halbkugel zeigt in ihrem Winter einen höheren Luftdruck als in ihrem Sommer und als die jeweilige andere Hemisphäre. Kleiber nahm daher an, dass vom Sommer zum Winter grosse Luftmassen von einer Halbkugel zur anderen strömten. Eine ähnliche Untersuchung führte A. v. Tillo aus. Dieser übertrug die Isobaren der Hann'schen Karten in der neuen Ausgabe von Berghaus' Physikalischem Handatlas und nach den Karten von Teisserenc de Bort in den „Annales du Bureau Centr. méteor." ebenfalls auf eine Karte in flächentreuer Projektion und

[1]) Penck's geogr. Abhandl. 5. p. 107.

Digitized by Google

mass die zwischen den einzelnen Kurven liegenden Flächen mittels Planimeters nach einzelnen Zonen aus; dazu wählte er die Zonen von 90° bis 50° N, 50° bis 30° N, 30° bis 0° N, 0° bis 30° S, und 30° bis 50° S. Aus dem Prozentanteile der einzelnen Iobarenflächen wurde hierauf der mittlere Luftdruck bestimmt. Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende: Es ist der Luftdruck in Millimetern in der

Zone zwischen	Januar	Juli	Jahr
90—50° N	761.1	758.0	759.6
50—30	763.8	759.2	761.4
30— 0	761.0	758.5	759.3
0—30° S	758.4	762 1	760 0
30—50	760.0	760 5	759.6
90° N—50° S	760.5	759.9	760.2

v. Tillo's Ergebnisse weichen in bezug auf die mitgeteilten einzelnen Zahlenwerte von denen Kleiber's ab, bestätigen aber dessen Resultat, dass jeweilig auf der Hemisphäre der grösste Druck lastet, welche gerade Winter hat, so dass der von Kleiber gemutmasste Luftaustausch zwischen beiden Hemisphären auch nach diesen Messungen stattzufinden scheint. Hann und Angot machten dem gegenüber darauf aufmerksam, dass die genannten Untersuchungen nicht mit dem wirklichen, sondern mit dem auf den Meeresspiegel reduzierten Luftdruck rechnen, und dass unter Berücksichtigung des wirklichen Luftdruckes sich eventuell andere Ergebnisse herausstellen könnten. Der ausserordentlich hohe Luftdruck zum Beispiele, den wir in Ostasien für den Januar auf den Isobarenkarten verzeichnet finden (Gebiete über 778 *mm*), besteht dort in Wirklichkeit nicht, man beobachtet vielmehr Barometerstände, welche um ca. 40 *mm* niedriger sind als die auf den Isobarenkarten durch Reduktion auf das Meeresniveau angegebenen. So spielt für die Ermittelung dynamischer Vorgänge in der Atmosphäre die Auswertung des wahren Luftdruckes und damit des wirklichen Luftquantums eine bedeutende Rolle.

Um zu einer Berechnung desselben zu gelangen, bestimmte Heiderich zunächst den reduzierten Barometerstand für die einzelnen Zehngradzonen mit Hilfe der Hann'schen Karten. Dabei fand sich zunächst, dass der mittlere Barometerstand des Jahres keineswegs immer das Mittel aus den Barometerständen des Juli und Januar ist. Es ist dies dadurch zu erklären, dass diese beiden Monate nicht immer die Extreme des Luftdruckes angeben. Bekannt ist ja z. B., dass in einem grossen Teile der zirkumpolaren Region der Luftdruck im April und nicht im Januar sein Maximum erreicht. Daraus folgt auch, dass die Gewinnung von Mittelwerten für das Jahr aus den Januar- und Juli-Isobaren, wie Kleiber sie berechnete, nicht für alle Teile der Erdoberfläche zutreffend ist. Den grössten mittleren Barometerstand im Januar

Digitized by Google

hat nach Heiderich's Ausmessungen der 30. Parallel mit 765 *mm*. Das ausserordentliche Luftdruckmaximum in Ostasien am 50. und und 60. Grad n. Br. wird durch die Minima des nordatlantischen nordpazifischen Ozeans ausgeglichen und gelangt gar nicht augenfällig zur Geltung auf diesen Parallelkreisen. Den höchsten Barometerstand im Juli zeigt der 30. Grad s. Br. mit 765.4 *mm*. Das breite Band hohen Luftdruckes, welches sich in südlichen Breiten zu dieser Zeit um die ganze Erde schlingt, bewirkt auch am 10., 20. und 40. Grad s Br. hohe Luftdruckmittel. Bemerkenswert ist, dass der hohe Luftdruck im Juli 30° n. Br. genau äquivalent ist dem hohen Luftdrucke im Juli auf 30° s. Br. Die Maxima des mittleren Luftdruckes eines Jahres liegen auf der nördlichen Halbkugel am 40. und 30. Grad mit 762 3 und 761.6 *mm*, auf der südlichen in denselben Breiten mit 761.2 und 762.3 *mm*. Der niedrigste mittlere Luftdruck kommt im Jahre, Juli und Januar dem 50. Grad s. Br. zu. Es weichen in den meisten Fällen die Luftdruckmittel aufeinander folgender Parallelkreise nur um weniges ab. Es ist daher wohl berechtigt, die Luftdruckmittel für die zwischen denselben liegenden Zonen durch Mittelbildung zu gewinnen. Es wurde zu diesem Zwecke die Längenerstreckung jedes Paralleles mit seinem mittleren Luftdrucke multipliziert und das Produkt durch die Gesamtlängenerstreckung beider Parallele dividiert.

Aus den so gewonnenen Werten ergiebt sich, dass auf der Nordhemisphäre im Januar und Juli ungefähr derselbe Luftdruck herrscht (im Januar nur 0.3 *mm* höher als im Juli), was in der Ungenauigkeit der Bestimmungen seinen Grund haben kann) Für die Südhemisphäre ergiebt sich im Januar ein 2.1 *mm* niedrigerer Druck als für den Juli, welche Thatsache wohl dadurch erklärlich wird, dass bei Berechnung volle 23.5 % der Südhemisphäre ausser Betracht bleiben mussten, nämlich die Kalotte bis 50° S. „Lassen wir die entsprechende Kalotte der Nordhemisphäre ausser Betracht, so ergeben sich für die Zone von 0°—50° n. Br. gleichfalls namhafte Druckunterschiede für Januar und Juli. Der Januar, also wieder der Wintermonat, hat einen zu hohen Druck, und zwar im Betrage von 1.2 *mm*. Diese Druckdifferenz wird nun auf der Nordhemisphäre durch eine entgegengesetzte in den höheren Breiten derselben Halbkugel kompensiert. Es liegt also nahe, anzunehmen, dass auch die Luftdruckunterschiede zwischen Januar und Juli in dem Gebiete zwischen 0°—50° s. Br. durch solche in den höheren Breiten ausgeglichen werden. Entsprechend den eben erörterten Verhältnissen ist der Luftdruck im Januar in dem ganzen untersuchten Gebiete, also zwischen 80° n. Br. und 50° s. Br., etwas geringer als im Juli, im Jahresmittel zeigt sich gleichwohl nur ein ziemlich unbedeutender Druckunterschied (0.6 *mm*) zwischen der Nord- und Südhemisphäre.

Verf. berechnet schliesslich den wahren mittleren Barometer-

stand für die einzelnen Parallelkreise, d. h. denjenigen, welcher durch die mittleren Erhebungsverhältnisse des Landes bedingt wird. Ein Vergleich mit den fiktiven, auf das Meeresniveau reduzierten Luftdruckmitteln zeigt vor allem den gewaltigen Einfluss der Landhöhen. Zwischen 40°—30° n. Br. ist durch das Landniveau von 640 *m* das Jahresmittel von 761.9 auf 703.3, also um 58.6 *mm* gesunken. Sehr bedeutend ist auch die Verringerung des Luftdruckmittels in den Zonen zwischen 80° bis 70° n. Br., nämlich 31.9 und 32.4 *mm*. Die Differenzen zwischen dem Luftdrucke im Januar und jenem im Juli haben sich im allgemeinen etwas verringert, jedoch macht sich dies in den Mitteln für die Hemisphäre kaum noch geltend, so dass die Bemerkung über die Verteilung des reduzierten Luftdruckes auch vollinhaltlich für die des wahren gelten. Ein Hinüber- und Herüberfliessen grösserer Luftmassen von einer zur anderen Hemisphäre lässt sich nicht nachweisen; auf der Südhemisphäre aber muss in höheren Breiten die im Laufe des Jahres resultierende Luftdruckverschiedenheit dieser Hemisphäre sich kompensieren. Zwischen 80°—0° n. Br., also für fast die nördliche Hemisphäre mit einem mittleren Landniveau von 301 *m* stellt sich der wahre Barometerstand im Jahre um 28.4 *mm* auf drei Viertel der südlichen Halbkugel zwischen 0°—50° s Br. mit einem mittleren Landniveau von 145 *mm* um 13.6 *mm* und auf dem gesamten Gebiete zwischen 80° n. Br bis 50° s Br. mit einem mittleren Landniveau von 240 *m* um 22.4 *mm* niedriger als der bezügliche reduzierte Barometerstand. Vergleichen wir die wahren Luftdruckverhältnisse zwischen der nördlichen und südlichen Halbkugel, so sehen wir, dass der Luftdruck auf der südlichen Halbkugel im Januar um 14 *mm*, im Juli um 16.3 *mm* und im Jahre um 14.2 *mm* höher ist, als auf der nördlichen Halbkugel zu den betreffenden Zeiten. Diese grossen Unterschiede sind eben auf das Überwiegen der Landmassen auf der nördlichen Halbkugel zurückzuführen. Von diesen Zahlen dürfte die für die Nordhemisphäre in Zukunft wohl nicht stark geändert werden, da für ihre Bestimmung die hypsometrischen Verhältnisse und die Isobaren von 98 % der Halbkugel verwertet wurden. Anders verhält es sich mit dem Werte für die Südhemisphäre: derselbe hat nur für drei Viertel derselben Gültigkeit, und er erfährt schon dann, wenn wir das Bereich der hypsometrisch einigermassen bekannten Zone von 50—60° s. Br. in Betracht ziehen, eine gewisse Umänderung, denn dann hat man ein gewisses Niveau der Wasser- und Landoberfläche von 104 *m*, anstatt von 145 *m*. Wird nun angenommen, dass im Meeresniveau zwischen Äquator und 70° s. Br. derselbe Luftdruck von 759.3 *mm* herrscht, wie zwischen Äquator und 50° s. Br., so hätte man für die Südhemisphäre einen wahren Luftdruck von 749.5 *mm* anstatt, wie oben berechnet, von 745.7 *mm*, so dass sich der Luftdruckunter-

Digitized by Google

schied gegenüber der Nordhemisphäre auf 18 *mm* steigern würde. Dieser Wert muss als Maximum gelten, da nach unseren bisherigen Kenntnissen der Luftdruck in den höheren Breiten der Südhemisphäre geringer ist als sonst im Meeresniveau, und weil hier wohl auch grössere Landmassen sich erstrecken. Hieraus erhellt, dass wir noch weit davon entfernt sind, den wahren auf der Erde herrschenden Luftdruck genau angeben zu können. Nach unserer heutigen Kenntnis können wir denselben auf 740.4 *mm* veranschlagen, einen mittleren Luftdruck im Meeresniveau 759.6 *mm* und eine mittlere Höhe der bekannten Land- und Wasseroberfläche von 205 *m* voraussetzend Hiernach ergiebt sich das Gewicht des Luftmeeres zu 5.1344 Trillionen Kilogrammen, das ist 247 mal weniger als das Gewicht des bekannten Ozeans. Es hat das gesamte Luftmeer nur ein Gewicht von einer 10.068 *m* hohen Wasserschicht.

Die Verteilung des Luftdruckes auf der Erdoberfläche ist von Kleiber studiert worden. Er hat zunächst die mittlere Luftdruckverteilung im Januar über der gesamten Oberfläche der Erde bearbeitet und Isogradientenkarten für denselben Monat konstruiert[1]). Der mittlere Luftdruck über den verschiedenen Parallelen ergab sich dann wie folgt: „Vergleicht man die Verteilung des Luftdruckes über den Kontinenten und Meeren miteinander und mit der allgemeinen barometrischen Kurve, welche den mittleren Luftdruck über ganzen Zonen darstellt, so bemerkt man, dass zwischen Land und Wasser ein sehr merklicher Unterschied besteht, ja in mancher Richtung die Luftdruckverteilung eine geradezu entgegengesetzte ist. Über den Kontinenten wächst der mittlere Luftdruck in den Nord-Polargegenden nach Süden bis etwa zum 45. Breitegrade, wo er die Höhe von 767.8 *mm* erreicht. Von hier nimmt der Luftdruck bis über den Äquator etwa bis zum Parallele S. 20º ab, wo er gleich 755.6 *mm* wird; hier steigt er wieder ein wenig bis zu 759.3 *mm* auf dem 35. Parallele, um von da ab wieder abzunehmen; diese Abnahme können wir aber nur bis zum 50.º s. Br. verfolgen, da uns über südlichere Gegenden kein Material vorliegt.

Ganz anders verhält es sich auf den Weltmeeren. Hier fällt der Luftdruck von Norden nach Süden, vom Pole bis etwa zum 55. Parallele, wo er gleich 751.4 *mm* wird; von hier wächst er wieder und erreicht sein Maximum 764.6 *mm* am 25. Parallele N.: das nächste Minimum ist zwischen dem 10. und 15. Parallele S., auf welchen es 757.7 *mm* beträgt; wiederum erreicht der Luftdruck ein Maximum am 35. südlichen Parallele, um von da nach den Süd-Polargegenden rasch abzunehmen.

Der mittlere Luftdruck auf ganzen Erdzonen weist zwei Maxima auf: auf dem 30. Parallele N. (764.87 *mm*) und auf dem 35. S.

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1890. p. 401.

Digitized by Google

(762.35 *mm*) und ein zwischen diesen liegendes Minimum auf dem 10. Parallele S. (757.52 *mm*), von kleineren Schwankungen (am 80° N., 65° N.) abgesehen.

Im allgemeinen ist in der nördlichen Halbkugel der Luftdruck über den Kontinenten über dem Mittel, in den südlichen unter dem Mittel (auf dem Meere selbstversändlich umgekehrt). Die grösste positive Abweichung des kontinentalen Druckes vom mittleren ist auf dem 45.—60. Parallele N., nämlich + 5.2 *mm*. Die grösste negative Abweichung auf den Parallelen 25, 30, 40 S., nämlich — 3.7 *mm*.

Die grösste positive Abweichung des Druckes über Weltmeeren vom mittleren Luftdrucke ist diejenige des 25. Paralleles S. mit + 1.2 *mm*. Die grösste negative Abweichung — 9.6 *mm* auf dem 55. Parallele N. Die Differenz Kontinente-Meere zeigt ein (positives) Maximum = 14.5 *mm* auf dem 50. Breitegrade N. und ein (negatives) Maximum — 4.9 *mm* auf dem 25. Breitegrade S.

Die in den Tabellen angegebenen allgemeinen Summen- und Mittelwerte (bei deren Betrachtung nicht ausser acht gelassen werden darf, dass nur die nördliche Halbkugel in ihrer Totalität erscheint, während die südliche nur bis zum 50. Breitegrade auftritt, so dass mittlere Werte für beide Halbkugeln nicht direkt vergleichbar sind) bieten zu einigen wichtigen Bemerkungen Anlass. Es ist die Gleichmässigkeit der Verteilung des mittleren Luftdruckes über den Meeren im Vergleiche mit derjenigen über den Kontinenten sehr scharf in diesen Zahlen ausgeprägt. Das allgemeine Mittel für alle Meere der nördlichen Halbkugel ist um weniger als 0.1 *mm* von demjenigen über der südlichen Halbkugel (bis zum 50. Parallele) verschieden, während zwischen den Kontinenten ein Unterschied zwischen Nord und Süd im Betrage von 6.54 *mm* besteht. Im allgemeinen herrscht im Januar auf der nördlichen Halbkugel ein um 2.6 *mm* höherer Luftdruck, als auf der südlichen (bis zum 50. Parallele).

Die von Kleiber konstruierten Isogradientenkarten zeigen eine merkwürdige Regelmässigkeit der Gradientenverteilung, über die er sich wie folgt ausspricht:

„Betrachtet man zunächst die Karte der Nord-Süd-Gradienten, so sehen wir, dass nahezu längs dem Äquator, aber fast auf der ganzen Strecke etwas südlicher, die Isogradiente Null läuft, welche nur auf dem Kontinente von Afrika und zum Teile auch auf dem Kontinente von Australien viel vom Äquator abweicht, um nach Süden einzubiegen. Diese Nulllinie teilt die Erde zunächst in zwei Hemisphären, und zu beiden Seiten derselben sehen wir eine symmetrische Verteilung der Zonen von gleichgerichteten Gradienten. In der nördlichen Halbkugel erstrecken sich nördliche, in der südlichen südliche Gradienten bis etwa zum 30. Parallele. Wir haben also in beiden Fällen gegen

Digitized by Google

den Äquator gerichtete Gradienten in den Tropengegenden zu verzeichnen. In der nördlichen Hemisphäre dringt ein Ausläufer dieser Zone über einem Teile von Ostsibirien und den angrenzenden Teilen des Stillen Ozeans bis ans nördliche Polarmeer; hier bewirkt der ostasiatische Kältepol mit dem mit ihm verbundenen hohen barometrischen Maximum eine Anomalie in der Verteilung sowohl in den Gradienten Nord-Süd, wie auch in den Gradienten Ost-West. In diese weit nach Norden eindringende Halbinsel von nördlichen Gradienten sehen wir eine ähnliche Halbinsel von südlichen Gradienten eintreten, welche ein Ausläufer der nächsten nördlichen Zone ist und sich über einen Teil des nördlichen Stillen Ozeans bis Japan und Sibirien erstreckt. Ausser diesen zwei Erscheinungen sehen wir zu beiden Seiten der Tropengegenden mit äquatorwärts gerichteten Gradienten zwei entsprechende Zonen, welche sich im Norden vom 30. Parallele bis zum Pole erstrecken, in der südlichen wahrscheinlich auch weit über die auf der Karte bezeichneten Grenzen und möglicher Weise auch bis zum Südpole reichen. — Dieses sind die Zonen der polwärts gerichteten Gradienten der südlichen in der Nordhalbkugel und der nördlichen in der Südhalbkugel. Im Norden umfasst dieser Gürtel den grössten Teil von Europa, einen grossen Teil von Asien, Nordamerika und des Atlantischen Ozeans.

Die entsprechende südliche Zone bedeckt fast ausschliesslich Ozeane und läuft nur auf dem südamerikanischen Kontinente etwa längs dem 30. Parallele S., indem sie Patagonien bedeckt.

Eine Insel von nördlichen Gradienten befindet sich in der Nähe von Grönland und auf Grönland, erstreckt sich aber kaum bis zum Pole.

Die grössten Gradienten Nord-Süd findet man in der Umgebung des sibirischen Kältepoles, in Alaska und über dem Himalaya-Gebiete Die Gradienten Süd-Nord sind im allgemeinen schwächer, und zwar findet man die Maxima in Nordostsibirien, an der Westküste Nordamerikas und an der Nordwestküste Europas. Alle grossen Gradienten befinden sich zu dieser Jahreszeit in der nördlichen Hemisphäre. Die südliche bietet eine viel gleichmässigere Verteilung des Luftdruckes im allgemeinen und dementsprechend eine viel geringere Amplitude in den Gradienten. Nur in tiefen südlichen Breiten wächst der südliche Polargradient ziemlich rasch, lässt sich aber wegen mangelnder Daten nicht weiter verfolgen

Wenden wir uns zur zweiten Karte, jener der Ostwestgradienten, so springt in erster Linie der von der soeben betrachteten Nord-Süd-Gradienten-Karte gänzlich abweichende Charakter derselben in die Augen. Darf man hier von einer vorwiegenden Richtung der Nulllinien überhaupt reden, so ist sie parallel den Meridianen, nicht dem Äquator. Aber die Zahl

dieser Linien und ihre Biegungen sind gross, und in ihrer Verteilung herrscht kein so allgemeines Gesetz, wie wir es in den Nulllinien der Polargradienten gesehen haben. Wir sehen dann, dass der sibirische Kältepol, die Westküste Europas (Norwegen), Grönland und Alaska wiederum die Hauptrolle in der Verteilung der Gradienten spielen, zu denen man noch die Hudsons-Strasse gesellen darf. Die südliche, überhaupt an grossen Gradienten arme Halbkugel bietet dagegen das Schauspiel einer durchaus gesetzmässigen Verteilung derselben. Wir sehen überall auf der Westküste der Kontinente westliche, auf der Ostküste östliche Gradienten verbreitet; dieses ist in allen drei möglichen Fällen wahr: zu beiden Seiten von Südamerika, im südlichen Teile von Afrika und in Australien. Es ist also überall der Gradient vom Meere ins Innere der Kontinente gerichtet; es ist dieses die typische Form der Sommergradienten. Die Nulllinien teilen die Kontinente von Südamerika und Afrika beinahe genau in zwei gleiche Teile — den westlichen mit westlichem und den östlichen mit östlichem Gradienten.

In der nördlichen Halbkugel ist die umgekehrte Verteilung, wenn nicht so auffallend regelmässig, so doch mit genügender Schärfe zu bemerken; West und Ost des nordamerikanischen und eurasiatischen Kontinentes zeigen östliche, respektive westliche Gradienten, und ebenso verhält es sich sogar zu beiden Seiten von Grönland. Im allgemeinen ist aber beinahe der ganze eurasiatische Kontinent mit östlichen, beinahe der ganze nordamerikanische Kontinent mit westlichen Gradienten bedeckt. Vereinzelte Inseln von geringer Wichtigkeit bilden einen Teil von Schweden und Finnland und das Ochotskische Meer mit den angrenzenden Ländern."

Der tägliche Gang des Barometers ist von Angot untersucht worden[1]), und zwar gehört diese Arbeit ebenso wie die frühere ähnliche von Hann zu den umfassendsten neuen Untersuchungen über diesen Gegenstand. Es werden darin 91 Stationen behandelt, und der tägliche Gang des Luftdruckes wird durch eine periodische Reihe dargestellt, deren erstes Glied als ganztägige, das zweite als halbtägige Schwingung aufgefasst werden kann. Von diesen beiden Wellen, in welche der tägliche Barometergang zerlegt ist, ist die ganztägige scheinbar ziemlich verwickelt, lässt sich jedoch nach Angot leicht durch den täglichen Gang der Temperatur und dessen lokale Verschiedenheit erklären. Die halbtägige Welle hat dagegen eine viel einfachere Form und ist ganz unabhängig von lokalen Bedingungen. Angot hält es für möglich, dass sie (wie Thomson und Hann annehmen) durch die Erwärmung der oberen Luftschichten entsteht.

[1]) Annales des Bureau Centr. Mét. 1887.

Digitized by Google

Eine tägliche Periode der Monatsextreme ist von Prof. Hellmann nachgewiesen worden[1]). Aus seinen Zusammenstellungen ergiebt sich eine entschiedene Neigung der tiefsten Barometerstände, in den Morgenstunden von 4 bis 6 Uhr einzutreten. Prof. Hann hat daran einige weitere Vergleiche geknüpft behufs genauer Feststellung der Eintrittszeit der Maxima und Minima der Häufigkeit und findet, dass in dem täglichen Gange der Frequenz der Barometerminima sich derart die Haupterscheinung der normalen täglichen Barometeroszillation fast genauer wiederspiegelt, als in den Stundenmitteln des Luftdruckes selbst.

Das nächtliche Maximum der Frequenz ist erheblich grösser als jenes am Nachmittage, die Minima sind gleich. Um 4^h morgens sind die Barometerminima 4 mal, um 4^h nachmittags 3.5 mal häufiger als um 10^h vormittags und 10^h abends. Wie man sieht, kommen auf die erste Tageshälfte entschieden mehr Barometerminima als auf die zweite. Es entfallen auf das erste Tagesviertel von 1^h — 6^h morgens 36 %, auf das zweite 7^h — 12^h Mittag 17 %, auf das dritte 1^h — 6^h Nachmittag 31 % und auf das vierte 7^h Mitternacht 16 % der Monatsminima des Luftdruckes.

Prof. Hellmann hat dann für einige Orte die Eintrittszeit der Luftdruckmaxima ermittelt. Auch hierbei ist das Morgenmaximum erheblich grösser als das Abendmaximum, so dass wir vor der höchst bemerkenswerten Thatsache stehen, dass sowohl die Barometerminima als die -maxima weitaus überwiegend in der ersten Tageshälfte zwischen Mitternacht und Mittag einzutreten pflegen.

Buchan's Untersuchungen über den täglichen Gang der meteorologischen Elemente auf dem Ozeane und über die Verteilung der Temperatur, des Luftdruckes und der Winde auf der Erdoberfläche. Bei Gelegenheit seiner Bearbeitung der zweistündigen täglichen meteorologischen Beobachtungen an Bord des Challenger 1873—76[1]) hat Dr. Buchan, weit über diesen Rahmen hinaus, eine umfassende Arbeit geliefert, welche die Kenntnis des täglichen Ganges des Barometers, sowie die Verteilung der Temperatur, des Luftdruckes und der Winde auf der Erdoberfläche umfasst. Es enthält den täglichen Gang des Barometers für die Monate und das Jahr von 147 Stationen, die Monats- und Jahresmittel des Luftdruckes für 1366 Stationen, jene der Temperatur für 1620 Orte und die mittlere monatliche und jährliche Häufigkeit der Winde für 746 Stationen. Diese Mittelwerte sind, soweit dies möglich war durchzuführen, bloss aus der neueren Zeitperiode 1870—84 entnommen. Dazu kommen dann noch 52 Foliokarten, die der

[1]) Meteorolog. Zeitschrift. Januarheft 1891. p. 24

[2]) Report on atmospheric circulation (Challenger Reports Physics and Chemistry 2. Part. V.

Darstellung der Wärme- und Druckverteilung auf der Erde in den einzelnen Monaten und im Jahresmittel gewidmet sind.

Prof. Hann hat einen Auszug aus diesem grossen Werke gegeben[1]), auf den hier verwiesen werden muss. Nur bezüglich des Luftdruckes kann hier einiges hervorgehoben werden. Herr Buchan sieht das Morgenminimum des Druckes veranlasst durch eine Abnahme der Spannung des Wasserdampfes, die hervorgebracht wird durch ein verhältnismässig plötzliches Sinken der Temperatur der Atmosphäre in ihrer ganzen Höhe infolge der Wärmeausstrahlung und durch den Übergang eines Teiles des Wasserdampfes von dem gasförmigen in den flüssigen Zustand bei seiner Ablagerung auf die Staubteilchen der Luft. Das Morgenminimum rührt somit nicht her von einem Abfliessen der im Scheitel befindlichen Luftmasse, sondern von der Abnahme der Spannung des Wasserdampfes durch Temperaturerniedrigung und Zustandsänderung. Wenn mit dem Steigen der Sonne die Luft erwärmt wird, so tritt eine Verdampfung von den feuchten Oberflächen der Staubteilchen ein, und die Dampfspannung nimmt zu; da nun die Staubteilchen in den Sonnenstrahlen sich auch mehr erwärmen als die Luft, welche sie umgiebt, so wird auch die Temperatur der Luft erhöht und damit ihre Spannung. Unter diesen Umständen steigt das Barometer stetig mit der zunehmenden Spannung zum Morgenmaximum. Es muss betont werden, dass das Steigen des Barometers nicht veranlasst wird durch irgendwelche Vermehrung der Luftmasse über dem Beobachtungsorte, sondern nur durch die Temperaturzunahme der Luft und die Zustandsänderung eines Teiles ihres Wassergehaltes.

Nach und nach stellt sich nun ein aufsteigender Strom warmer Luft ein, der Druck sinkt allmählich in dem Grade, als die Luftmasse über dem Beobachtungsorte vermindert wird durch die aufsteigende Luft, die als ein oberer Strom nach Osten hin abfliesst, d. i. nach dem Abschnitte der Atmosphäre, dessen Temperatur nun schon beträchtlich tiefer gesunken ist als die der Gegend, aus welcher der aufsteigende Strom sich erhebt; und dies dauert an, bis der Druck auf sein Nachmittagsminimum gesunken ist.

Das Abfliessen der Luft nach Osten, nachdem sie in jenen Meridianen aufgestiegen ist, wo der Druck zur Zeit ein Minimum ist, vermehrt den Druck in jenen Meridianen, wo die Lufttemperatur nun schnell sinkt, und so entsteht das Abendmaximum des Druckes, welches zwischen 9 ^{h} und Mitternacht je nach der Breite und geographischen Lage eintritt. Mit dem Vorrücken der Morgenstunden wird dieser Zufluss immer kleiner und hört schliesslich ganz auf, und so beginnt nun die Erdausstrahlung zu wirken, um das Morgenminimum in oben angegebener Weise hervorzubringen. Während des Abendmaximums treten auch die täglichen Maxima des Wetterleuchtens und der Polarlichter auf, da während dieser Phase des Druckes die Zustände der Atmosphäre die reichlichste Menge von Eisnadeln in den oberen Regionen derselben entstehen lassen, an denen die magneto-elektrischen Entladungen sich abspielen. Bemerkenswert ist noch, dass in Übereinstimmung mit dieser Erklärung die Grösse der täglichen Barometerschwankung in den Antizyklonengebieten der grossen Ozeane ein deutlich erkennbares Minimum erreicht, d. i. dort, wo wegen der vorherrschenden absteigenden Luftbewegung die Ablagerung des Wasserdampfes auf die Staubteilchen der Atmosphäre weniger reichlich ist.

Das Auftreten der Barometermaxima und -minima in grossen Höhen ist ein Gegenstand von grösstem Interesse für die wissenschaftliche Meteorologie. Prof. Hann hat sich in

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1891. p. 281 u. ff.

Digitized by Google

jüngster Zeit sehr eingehend damit beschäftigt, und zwar an der Hand vierjähriger Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel in 3100 *m* Seehöhe[1]. Diese Untersuchungen haben eine besondere Wichtigkeit für die Theorie der Cyklonen und Anticyklonen. Was den Luftdruck anbelangt, so findet Hann, dass die Luftdruckanomalien in 3100 *m* Seehöhe in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle den korrespondierenden Luftdruckanomalien an der Erdoberfläche dem Sinne nach entsprechen. „Von den Barometermaximis (oben) gilt dies fast ohne Ausnahme. Die Luftdruckanomalie ist oben stärker ausgeprägt als unten, was mit den Temperaturverhältnissen der Luftsäule während dieser Luftdruckanomalien kausal zusammenhängt. Die Barometermaxima sind nämlich mit hoher Temperatur der Luftsäule (auch im Winter) verbunden, die Barometerminima mit niedriger Temperatur. Die begleitende Temperaturanomalie verstärkt daher die Luftdruckanomalie in den höheren Schichten."

Bezüglich des Ganges der Temperatur in 3100 *m* Seehöhe beim Vorüberzuge eines barometrischen Maximums und Minimums daselbst ergiebt sich folgendes: „Erstlich, dass in allen Jahreszeiten die Temperatur mit dem Luftdrucke steigt, und dass das Maximum der Temperatur einen Tag n a c h dem Maximum des Luftdruckes eintritt. Den gleichen Barometerständen vor und nach dem Maximum entsprechen durchaus nicht gleiche Temperaturen, wie es sein müsste, wenn der Luftdruck in erster Linie eine Funktion der Temperatur wäre. Einem Luftdrucke von 525.1 *mm* einen Tag v o r dem Maximum entspricht eine Temperatur von — 5.2°, dem nahe gleichen Drucke von 525.4 *mm* einen Tag n a c h dem Maximum dagegen eine Temperatur von — 2.6°.

Im Vergleiche mit der Niederung ist der Gang der Temperatur i m W i n t e r h a l b j a h r e in 3100 *m* Seehöhe der entgegengesetzte; unten sinkt die Temperatur unter dem Einflusse eines Barometermaximums, oben steigt sie.

Ferner ergiebt sich, dass beim Herannahen eines Barometerminimums in 3100 *m* Seehöhe die Temperatur rasch sinkt und am Tage nach dem Eintritte des Barometerminimums das Temperaturminimum sich einstellt, am nächsten Tage steigt die Temperatur wieder. Dies findet gleichmässig in allen Jahreszeiten statt. Auch hier entsprechen wieder gleichen Barometerständen vor und nach dem Maximum ganz verschiedene Temperaturen, ein abermaliger Beweis dafür, dass es nicht die Temperatur selbst ist, die den Gang des Barometers bestimmt. Bei demselben Barometerstande von 514 *mm* ist die Temperatur einen Tag v o r dem

[1] Als Basisstation bei der speziellen Untersuchung wurde Ischl angenommen, welches sich in mehrfacher Hinsicht als die geeignetste Station erwies

Minimum — 8.5°, am Tage nach dem Minimum — 11.2°, ebenso bei dem gleichen Barometerstande von 517 *mm* zwei Tage vor dem Minimum — 7.5°, zwei Tage nach demselben — 10.0°.

Im Vergleiche zur Niederung ist auch bei den Barometerminimis der Gang der Temperatur in 3100 *m*, im Winterhalbjahre wenigstens, der entgegengesetzte, oben sinkt die Temperatur beim Herannahen eines Barometerminimums, unten steigt sie bekanntlich.

Im allgemeinen können wir schliesslich den Satz aufstellen, dass die dem Vorübergange eines Barometermaximums und eines Barometerminimums in 3100 *m* Seehöhe entsprechenden Temperaturänderungen im Winterhalbjahre wenigstens sich entgegengesetzt verhalten, wie die Temperaturänderungen beim Vorübergange der Luftdruckmaxima und -minima in der Niederung.

Mit dem entgegengesetzten Gange der Temperatur in 3100 *m* Seehöhe gegenüber der Niederung während des Vorüberganges der Barometermaxima im Winterhalbjahre stimmt auch die Thatsache überein, dass der Einfluss der Bewölkung auf die Temperatur auf dem Sonnblickgipfel der entgegengesetzte von dem in der Niederung ist. Für mehrere Orte der gemässigten Zone ist schon nachgewiesen worden, dass im Winter einer Abnahme der Bewölkung auch eine Abnahme der Temperatur entspricht.

Den kleinsten Bewölkungsgraden entspricht die höchste Temperatur, ganz umgekehrt wie in der Niederung. Dass die ganz heiteren und ganz trüben Tage am häufigsten sind, ist bekanntlich für den Winter überhaupt charakteristisch."

Die Temperaturmaxima treten auf dem Sonnblicke in der grössten Mehrzahl der Fälle innerhalb der Barometermaxima ein, dann auch bei hohem Drucke in SO oder S, niedrigem in NW und N. Die niedrigsten Temperaturen auf dem Sonnblicke treten auch meist bei hohem Luftdrucke an der Erdoberfläche auf, aber nicht im Zentrum eines Barometermaximums (in welchem die Temperaturmaxima auftreten), sondern am östlichen Rande der Barometermaxima, wenn zugleich ein ziemlich nahes Barometerminimum im Süden (oder im Südosten) vorhanden ist.

Prof. Hann zeigt ferner, zur endgültigen Begründung seiner früheren Darlegungen über die Temperatur in den Cyklonen und Anticyklonen, dass ganz allgemein bei den Hauptstadien der Luftdruckverteilung über Zentraleuropa (im Mittel der drei Winter 1887—1889) die Luftsäule von 3 *km* Höhe im inneren Bereiche eines Barometermaximums eine h ö h e r e Temperatur hat, als in jenem des Barometerminimums. „Das Gesetz, nach welchem in beiden Fällen die Temperaturabnahme mit der Höhe erfolgt, zeigt, dass dieser Unterschied sich jedenfalls noch bis zu viel grösseren Höhen fortsetzt." Die von Prof. Hann ermittelten Thatsachen und die darauf begründeten Schlüsse bedeuten einen grossen Fortschritt in unserer Kenntnis über die wahre Natur der Barometer-

Digitized by Google

maxima und -minima. Besonders die sogenannte Konvektionstheorie unserer Stürme, welche verlangt, dass der Luftkörper der letzteren wärmer ist als die Umgebung, und welche die Kräfte, die diese Cyklonen in Thätigkeit erhalten, ganz innerhalb derselben annimmt, lässt sich mit den von Hann gefundenen Thatsachen nicht vereinigen. Man muss sich demnach nach einer anderen Ursache für das Aufsteigen der Luft in den Cyklonen umsehen, als die bisherige Theorie annimmt. Prof Hann weist auch noch auf andere Thatsachen hin, welche gleichfalls gegen die Konvektionstheorie sprechen. Schon die räumlichen Verhältnisse unserer Stürme müssen Bedenken erregen, und sehr richtig sagt er: „Wie kann man so ausserordentlich flache Luftscheiben, wie die grossen Cyklonen der aussertropischen Breiten es sind, bloss durch Auftrieb entstehen und fortwandern lassen! Unsere Wirbel haben häufig einen mehrere hundertmal grösseren horizontalen als vertikalen Durchmesser[1]). Ein Schornstein zieht bekanntlich nur, wenn seine Höhe vielmal grösser ist als sein innerer Durchmesser. Bei unseren Wirbeln ist aber das Verhältnis in extremster Weise ins Gegenteil verkehrt. Wie solche ausserordentlich flache Luftscheiben nur durch die inneren Kräfte, d. i. durch die bei lokalen Wasserdampfkondensationen innerhalb derselben frei werdende Wärme sich in der Atmosphäre fortbewegen können, scheint mir schwer verständlich. Es ist ja die ganze Höhe der Atmosphäre, soweit selbige für die Kondensationstheorie in Betracht kommen kann (oberhalb 8—10 *km* Seehöhe ist ja fast kein Wasserdampf mehr vorhanden), äusserst gering gegenüber dem horizontalen Durchmesser unserer Wirbel. Ich weiss nicht, dass die Konvektionstheorie diese Schwierigkeit schon ernstlich ins Auge gefasst hat. Für jene Theorien, welche die Wirbel in Zusammenhang bringen mit Störungen in den allgemeinen Zirkulationsströmungen der Atmosphäre, besteht diese Schwierigkeit nicht. Eine Thatsache, welche in auffallendem Widerspruche mit der reinen Konvektionstheorie unserer Stürme steht, liegt in der jährlichen Periode der Häufigkeit und Intensität derselben. Wenn die Konvektionstheorie auf die Mehrzahl unserer Stürme wirklich anwendbar wäre, wie könnte es geschehen, dass diese Stürme gerade im Winterhalbjahre ihre grösste Intensität und Häufigkeit erreichen, also zu jener Jahreszeit, wo die Bedingungen sowohl zu ihrer Entstehung, wie zu ihrer Fortexistenz am allerungünstigsten sind. Im Winter ist der Wasserdampfgehalt der Luft gering, und das thermische Gleichgewicht der Atmosphäre äusserst stabil. Über den Kontinenten sind die untersten Schichten oft längere Zeit hindurch die kältesten, die Temperatur nimmt nach oben zu. Die Wärmeabnahme mit der

[1]) Doberck nimmt selbst bei den ostasiatischen Typhonen einen Durchmesser von mindestens 1000 Seemeilen bei kaum 4 Seemeilen Höhe an.

Höhe ist im Winter sehr gering, geringer als in aufsteigenden Luftströmungen bei dem dann herrschenden absoluten Wasserdampfgehalte der Atmosphäre. Wie kann man annehmen, dass unter solchen Verhältnissen die atmosphärischen Wirbel der Konvektionstheorie bis ins Innere von Sibirien vordringen, wo die Lufttemperaturen, die sie dort antreffen, —30° bis —40° sind, und der Wasserdampfgehalt der Luft fast auf Null herabgesunken ist. Es ist eine unvermeidliche Konsequenz der Konvektionstheorie, dass die Cyklonen im Sommerhalbjahre ihre grösste Intensität und Häufigkeit erreichen müssten, wo der Wasserdampfgehalt der Luft am grössten, die Erwärmung der untersten Luftschichten am lebhaftesten ist, und die Wärmeabnahme mit der Höhe am raschesten erfolgt.

In der That sind jene Erscheinungen, auf welche wohl mit Recht die Konvektionstheorie Anwendung finden kann, die „Wärmegewitter" und die Cyklonen der Tropen, auf die warme Jahreszeit beschränkt. Die tropischen Cyklonen erreichen das Maximum ihrer Häufigkeit zur Zeit, wo die Temperatur des Meeres am höchsten ist (so die westindischen und die Mauritiuscyklonen, desgleichen die ostasiatischen Typhone), oder eine allgemeine gleichmässige Druckverteilung und das Fehlen vorherrschender Luftströmungen die Entwickelung wie das Fortschreiten solcher Wirbel, welche ihre treibenden Kräfte zum grösseren Teile vielleicht wirklich in sich selbst haben, am meisten begünstigt (Cyklonen der Bai von Bengalen). Auch die „Wärmegewitter" oder Gewitterwirbel unseres Sommers treten bei gleichmässiger Druckverteilung, schwachen Winden, kräftiger Erwärmung der unteren Luftschichten und hohem Wasserdampfgehalte der Luft am häufigsten und intensivsten auf.

Die Stürme der gemässigten Breiten haben überdies noch eine andere Eigentümlichkeit ausser ihrer maximalen Entwickelung in der kältesten Jahreszeit, der Periode des stabilsten thermischen Gleichgewichtes der Atmosphäre, welche mit der Konvektionstheorie im Widerspruche steht, d. i. die Tendenz, kurz hinter einander die gleichen Bahnen einzuschlagen. Auf diese Eigentümlichkeit hat schon Köppen[1]) aufmerksam gemacht, und man braucht nur die täglichen Wetterkarten einigermassen aufmerksam zu betrachten, so findet man auffallende Beispiele dafür in Fülle. Auch Doberck sagt: „Es ist eine wohlbekannte Thatsache, dass Luftdruckdepressionen von solchen Gegenden angezogen werden, über welche soeben eine Depression hinweggezogen ist."

Das ist nun ganz entgegengesetzt dem Verhalten, welches die wahren Cyklonen der Konvektionstheorie zeigen und zeigen müssen. Eine Cyklone gleicht über jenen Teilen der Erdober-

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1874. 9. p. 380.

fläche, über welche sie hingezogen ist, die Temperatur zwischen oben und unten aus. Der Kondensationsprozess erwärmt die höheren Schichten, kühlt die tieferen ab, macht das Gleichgewicht der Atmosphäre stabiler. Zugleich ist der Wasserdampfgehalt der unteren Luftschichten aufgebraucht, an derselben Stelle kann nicht sofort wieder durch blosse Konvektionsströmungen neuerdings ein Niederschlag eingeleitet werden. Die Cyklonen der Konvektionstheorie müssen also jene Stellen der Erdoberfläche vermeiden oder auf denselben erlöschen, wo kurz vorher schon eine Cyklone in Thätigkeit war, und die in den unteren Schichten der Atmosphäre als hohe Temperatur und grösseren Wasserdampfgehalt der Luft aufgespeicherte latente Energie schon ausgelöst worden ist. Diese Eigentümlichkeit zeigen nun auch in der That in auffallender Weise die „Wärmegewitter“ unseres Sommers und erweisen sich hierdurch als Erscheinungen, auf welche die reine Konvektionstheorie volle Anwendung findet.

Hingegen weist der Umstand, dass die Cyklonen unserer Breiten gerne öfter hinter einander auf derselben Bahn sich folgen, darauf hin, dass die Konvektionstheorie auf sie keine oder nur untergeordnete Anwendung hat, und dass die Kräfte, von denen ihre Entstehung und Fortpflanzung in erster Linie abhängen, nicht in ihnen, sondern ausserhalb zu suchen sind. Es sind Verhältnisse der allgemeinen Verteilung des Luftdruckes und Störungen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation, auf welche ihre Entstehung und ihr Fortschreiten zurückgeführt werden muss.

Wenn man die Entstehung und die Fortbewegung der Cyklonen der gemässigten und hohen Breiten mit der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre in Beziehung bringt, dann erklärt sich ganz von selbst ihre grössere Häufigkeit und Intensität im Winterhalbjahre, sowie alle jene Eigentümlichkeiten, welche einer Anwendung der reinen Konvektionstheorie auf dieselben widersprechen. Dass auch bei Wirbeln dieses Ursprunges die Kondensation des Wasserdampfes eine grössere oder geringere sekundäre Rolle spielt, daran wird wohl kein Physiker zweifeln.

Der Einwurf gegen meine Ansicht, dass der gesteigerte obere Gradient in jener Hemisphäre, in welcher Winter herrscht, die Cyklonenthätigkeit daselbst erhöhen muss, kann nur auf einem Missverständnisse beruhen. Solange wir den ideellen Zustand der Luftzirkulation zwischen Pol und Äquator, wie er in der Theorie behandelt wird, im Auge haben, giebt es allerdings keine Cyklonen, ausser der grossen Cyklone um den Pol, und der gesteigerte obere Gradient steht mit der gesteigerten Geschwindigkeit der westöstlichen Luftbewegung im Gleichgewichte und kann weiter nichts leisten. Das ist auch unsere Ansicht. Aber der stationäre Zustand der Luftzirkulation besteht in der Weise, wie ihn die Theorie annehmen muss, in Wirklichkeit nie. Das Tem-

Digitized by Google

peraturgefälle und der obere Gradient sind nicht allein unter verschiedenen Meridianen verschieden, sie verändern sich auch in der Zeit. Desgleichen bilden die grossen Temperaturunterschiede und deren zeitliche Verschiebungen in der Nähe der Erdoberfläche in den höheren Breiten der Winterhemisphäre, die örtlichen Retardationen und Beschleunigungen der oberen Strömungen, die durch sie hervorgerufen werden, die verschiedenen Reibungswiderstände u. s. w. eine fortwährende veränderliche Quelle von Störungen, durch welche in den oberen heftig kreisenden Strömungen sich Wirbel bilden müssen, die dann auch die unteren Luftschichten in Bewegung setzen."

Das sind, wie Prof. Hann hervorhebt, nur einige, lediglich im Zusammenhange mit dem Hauptgegenstande seiner Untersuchung vorgebrachte Einwendungen, die entschieden gegen die reine Konvektionstheorie in ihrer Anwendung auf unsere Stürme sprechen. Die täglichen Wetterkarten liefern weitere Einwände in Menge Dagegen hebt Prof. Hann selbst hervor, „dass diese Theorie für eine sehr nahe verwandte Gruppe von Erscheinungen (die echten Cyklonen der Tropen, die Wärmegewitter unseres Sommers, zum Teile auch die Tromben und Tornados) in der That eine „very beautiful and satisfactory theory" ist, der in unserer Wissenschaft stets ein hervorragender Platz wird eingeräumt bleiben müssen. Desgleichen sind wir weit davon entfernt, leugnen zu wollen, dass auch bei allen anderen cyklonalen Luftbewegungen die Konvektionstheorie etwas mitzureden hat, namentlich bei den atmosphärischen Störungen im Sommer, sie mögen in erster Linie was immer für einen Ursprung haben."

16. Nebel und Wolken.

Die Nebelbildung im nördlichen adriatischen Meere ist durch R. v. Jedina untersucht worden[1]) auf Grundlage der Beobachtungen an den österreichisch-ungarischen Seestationen 1884—86. Aus den Zusammenstellungen ergiebt sich, „dass bei neun Zehnteln aller intensiven Seenebel ein Maximum mässig hohen Druckes von Algier und Spanien (selten von Frankreich) her im raschen Vorrücken war, durch welches ein Italien vorangegangenes Teilminimum aufgesogen wurde. Zumeist lagerte in Verbindung mit dieser Konstellation in Südeuropa ein Zentrum mitunter sehr tiefen Luftdruckes in NW-Europa (gewöhnlich in Irland), und hielt der Nebel auch noch bei der Versetzung des Zentrums nach Schweden oder Norwegen an.

Die Betrachtungen der Barometer- und Thermometeraufzeichnungen in Triest zeigten dieser Sachlage entsprechend, dass dem Nebel ein bis zwei Tage vorher eine leichte Temperaturerhöhung

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1891. p. 345.

Digitized by Google

(Folge der Depressionsbildung in Italien) vorangeht, und beim Einsetzen desselben ein starkes Steigen des Barometers verbunden mit einer entsprechenden Abkühlung der Luft erfolgte.

Da in der grossen Mehrzahl der Fälle nach einigen Tagen in der wärmeren Jahreszeit das tiefe Minimum von NW-Europa durchdringt, indem das Maximum nur in den kalten Monaten länger lagert, so folgt auf den Nebel meistens Regen.

Ebenso ist eine starke Erhebung des Maximums über den Normalstand der Fortdauer des Nebels ungünstig.

Nimmt man nach Dove den Nebel als einen kontinuierlich andauernden Kondensationsprozess an, oder betrachtet man denselben nach gewisser Zeit als fertiges Produkt, was nach des Verf. Meinung in der Adria der Fall sein dürfte, so ergiebt sich, dass bei allen Nebelbildungen im Beginne Windstillen und nur leichte Brisen auftreten, wie solches nach der gegebenen Erklärung durch das leichte Maximum nicht anders sein kann.

Ist der Nebel jedoch ein bis zwei Tage alt, so kann er selbst beim Eintreten von anticyklonalen Winden von der Stärke 5—6 (Beaufort-Skala), d. i. bei sehr frischen Winden noch bestehen.

Der Volks-, resp. der Matrosenüberlieferung nach, entstammen sämtliche Nebel der Adria den Po-Mündungen, und da das Phänomen mit dem Gange des Maximums einen annähernd gleichen Weg einschlägt und überdies zumeist im istrianischen Golfe fühlbar wird, so ist diese an sich wenig haltbare Annahme begreiflich.

Wolkennamen und Wolkenformen. Die übereinstimmende Bezeichnung der Wolkenformen ist noch immer ein wunder Punkt in der Meteorologie Die Münchener Meteorologen Lang, Singer, Erk und Fomm haben deshalb zur Einsendung von guten Photographien charakteristischer Wolkenformen aufgefordert, um aus diesen einen „Wolkenatlas“ zusammenzustellen. Dabei haben sie folgende Einteilung der Wolken nach Höhe und Form zu Grunde gelegt:

Im Anschlusse an die Klassifikation von Howard werden vier Grundformen unterschieden: cirrus (ci) Federwolke, cumulus (cu) Haufenwolke, stratus (str) Schichtenwolke, nimbus (ni) Regenwolke. Dabei mag sogleich bemerkt werden, dass im allgemeinen die getrennten, bezw geballten Formen vorwiegend trockenem, die ausgebreiteten oder schleierartigen Formen dagegen regnerischem Wetter entsprechen. Nach der Höhe der Wolken teilt man ferner dieselben ein in:

I. Obere Wolken, im Mittel etwa 9000 *m* (ci, ci str und ci cu).

II. Mittlere Wolken, ungefähr 3000—6500 *m* (alto str und alto cum).

Digitized by Google

III. Untere Wolken, meist unter 2000 *m* (str cu, str, ni): ausserdem

IV. Wolken im aufsteigenden Luftstrome, zwischen 1400 und 5000 *m* (cu und cu ni).

Wir erhalten also, mit den höchsten beginnend, folgende 10 Hauptformen:

I. 1. cirrus, Federwolken. Haarige, faserige oder federartige, zarte und weisse Wolken.

2. cirro stratus, Schleierwolke. Verfilzte, jedoch noch zarte und hohe weissliche Wolkenschicht, häufig als zarter Schleier dem Himmel ein weissliches Ansehen verleihend. Leuchtende Ringe um Sonne und Mond.

3. cirro cumulus. Hohe, zarte Flöckchen von Wolken. Eine Modifikation derselben besteht an Stelle der Flöckchen aus zarten, wie Seide glänzenden Bällchen, ohne Schatten, — als Schäfchen (ciel pommelé, mackerel sky) wohlbekannt.

II. 4. alto stratus. Dichter Schleier von grauer oder bläulicher Farbe, welcher in der Gegend der Sonne oder des Mondes einen helleren Fleck, aber keine Lichtringe darbietet.

5. alto cumulus, grobe Schäfchen. Grössere, weissgraue Bällchen mit schattigen Teilen, in Herden gruppiert, häufig so dicht, dass ihre Ränder zusammenfliessen.

III. 6. strato cumulus. Übergangsformen zwischen Haufen- und Schichtwolken, zwei wesentlich verschiedene Gattungen umfassend: a. grosse Massen grauer oder dunkler Wolken mit weissen Rändern. Häufig bedecken dieselben im Winter den ganzen Himmel des nördlichen Europas. b. Schichtwolken, welche zu massiv und unregelmässig geformt sind, um als stratus bezeichnet zu werden.

7. stratus, Schichtwolke. Eine dünne, gleichmässige Wolkenschicht oder auch abgelöste Teile flacher, strukturloser Wolken in geringer Höhe. (Die vielbesprochene, von Howard herrührende Definition des stratus als „gehobener Nebel“, welche sich auch in Hildebrandsson, Köppen und Neumayer's Wolkenatlas wiederfindet, dürfte am besten ganz zu verlassen sein, und wären solche Gebilde, welche im Gegensatze zu den Kondensationen in der freien Atmosphäre noch den Zusammenhang mit der Erdoberfläche erkennen lassen, als „Nebelballen“ zu bezeichnen.)

8. nimbus, Regenwolke. Dunkle, formlose Wolken mit zerrissenen Rändern, aus welchen (gewöhnlich anhaltender) Regen oder Schnee fällt. Tiefhängende Wolkenfetzen dieser Art können als fracto nimbus bezeichnet werden.

IV. 9. cumulus, Haufenwolke. Dichte, geballte Wolke mit mehr oder minder scharfer Begrenzung und kräftigen Schatten. Ihre einfachsten Formen sind unten flach, oben aufquellend oder kuppelförmig. Besonders bei windigem Wetter unterliegen ihre

Digitized by Google

Teile fortwährender Auflösung; zerrissene Haufenwolken: fracto cumulus.

10. cumulo nimbus, Gewitterwolke, Schauerwolke. Mächtige, aufgetürmte Wolken, häufig oben mit faserigem Schleier (falschen Cirren), unten düster, mit nimbusähnlichen Wolkenmassen. Dieselben bringen meist kürzere, starke Regen, Hagelfälle und Graupelschauer.

Wolkentafeln hat in Verbindung mit mehreren Fachmännern Dr. K. Singer herausgegeben [1]). Die letzte internationale meteorologische Konferenz, München August-September 1891, beschloss in ihrer grossen Mehrheit die Annahme der neuen Einteilung der Wolken nach Abercromby und Hildebrandsson. Wenn diese neue Einteilung auch in einigen untergeordneten Punkten noch der Verbesserung oder schärferen Umschreibung bedürftig erscheint, so bedeutet sie doch gegen die bisher üblichen, sich im allgemeinen an Howard anschliessenden Einteilungen einen wesentlichen Fortschritt: sie legt ebenso grosses Gewicht wie auf die Form der Wolken auch auf die Höhe, in welcher sich die Wolken befinden. Insbesondere sind von den als Schäfchen bekannten Wolken und dem weiss-grauen Wolkenschleier, die dichteren, weniger hohen Arten abgetrennt und zur Unterscheidung von den leichten und schattenlosen cirro-cumulus und cirro-stratus nun als alto-cumulus und alto-stratus bezeichnet worden. Der Vorteil der übereinstimmenden Bezeichnung allein ist für die in hohem Masse auf internationale Verständigung angewiesene Meteorologie ja ebenfalls schon als ein wesentlicher zu betrachten.

Die nächste Aufgabe ist nun, die neue Einteilung in die Praxis, zur sachgemässen Anwendung durch die zahlreichen Beobachter unserer meteorologischen Netze überzuführen, und diese Aufgabe haben sich die unter Mitwirkung einer grossen Zahl von hervorragenden Fachmännern von Dr. Singer herausgegebenen Wolkentafeln gesetzt. Der Plan zu diesem Werke war schon längere Zeit vor der erwähnten Konferenz gefasst worden, da die vorhandenen Wolkenbilder von Abercromby, dann der Wolkenatlas von Hildebrandsson, Köppen und Neumayer für den bezeichneten Zweck erstere zu klein, letzterer zu kostspielig erschienen.

Auf Grundlage einer allgemeinen, Januar 1891 erlassenen Einladung zur Einsendung von Wolkenphotographien konnte Dr. Singer der meteorologischen Konferenz in München eine reiche Sammlung von Wolkenbildern vorlegen, aus welcher von dem für Herausgabe eines Wolkenatlas bestimmten Komitee eine Auswahl getroffen wurde. Sowohl durch ihre Reichhaltigkeit wie durch ihre Schönheit zeichneten sich insbesondere die Photo-

[1]) München 1892. Verlag von Th. Ackermann.

graphien von M. Garnier-Boulogne s. S., Prof. Hildebrandsson-Upsala, Dr. Neuhauss-Berlin und Prof. Riggenbach-Basel aus; ausser von diesen fanden auch noch von den Herren Obernetter und Teufel-München, Lanzendorf-Altenburg (S.-A.) einzelne nicht minder schöne Bilder Aufnahme.

Auf drei Tafeln finden sich also zwölf als typisch ausgewählte Bilder der 10 angenommenen Wolkenformen. Dieselben sind im Formate 9 × 12 *cm* durch den Kupferlichtdruck der Kunstanstalt von Obernetter in München in einer Weise wiedergegeben, welche, wenn sie auch die farbige Reproduktion nicht völlig ersetzen kann, doch durch ihre Schärfe und Naturwahrheit verbunden mit der künstlerischen Schönheit der Bilder und bei deren verhältnismässig ansehnlichen Grösse den Mangel der Farben ganz vergessen lässt. Die als Probe hier (Tafel V) aufgenommene zweite Hälfte der Tafel III dient wohl als Beweis hierfür, und so können wir wohl hoffen, dass diese neuen Wolkentafeln zu einer raschen Einbürgerung der neuangenommenen Wolkenbezeichnung in günstigster Weise beitragen werden.

Messungen der Wolkenhöhe haben Hagström und Falk im Sommer 1887 in den Bergen ven Jemtland angestellt[1]). Die Höhen wurden trigonometrisch bestimmt und im ganzen 332 brauchbare Messungen erhalten. Da sich nach früheren Messungen von Ekholm und Hagström eine tägliche Veränderung in der Wolkenhöhe recht sicher markiert hatte, so wurde bei Diskussion der obigen neuen Messungen der Tag in drei Teile geteilt: a. von $7^1/_2$ bis $10^1/_2$ Uhr, b. von $10^1/_2$ bis $15^1/_2$ Uhr, c. von $16^1/_2$ bis $22^1/_2$ Uhr. Die unten folgende Tabelle enthält die Mittelwerte für die Wolkenhöhen der betreffenden Tagesabschnitte unter a, b, c. Die Tabelle enthält ferner die gefundenen Maxima und Minima der Höhen.

Mittlere, grösste und kleinste Höhe der Wolken (in Metern).

	a	b	c	mittlere tägliche Höhe	grösste Höhe	kleinste Höhe	mittlere Höhe in Upsala
Stratus	—	—	998	998	—	—	623
Nimbus	1131	2175	1688	1664	5741	617	1527
Cumulus, Gipfel	2989	2362	1391	2181	2997	1146	1855
„ Basis	929	1637	—	1401	1901	929	1386
„ nahe der Mitte	2343	1837	1326	1677	2343	1210	1507
Cumulo stratus	2504	—	—	2504	3515	2998	2848
Strato cumulus	687	2707	1937	1788	2830	638	2331
Alto cumulus (niedr.)	2595	2849	2668	2744	3844	1182	2771
„ „ (hoher)	—	4342	4668	4562	4918	4174	5586
Cirro cumulus	6487	6069	7020	6337	7358	5233	6465
Cirrus u. Cirro stratus	8097	8776	8042	8271	10419	6148	8878

[1]) Kgl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1891. Nr. 1. Stockholm.

Digitized by Google

Die Beobachtungen scheinen anzudeuten, dass die grössten Wolkenhöhen um Mittag gefunden werden, was mit den früher zu Upsala erhaltenen Resultaten nicht übereinstimmt, die eine Zunahme der Höhen von Morgen bis Abend ergaben. Beim Vergleiche der Mittelwerte ist nicht zu übersehen, dass die Seehöhe der Beobachtungsstation in Jemtland 600 *m* grösser war als die Seehöhe von Upsala.

Leuchtende Nachtwolken. Im Anschlusse an seine früheren Beobachtungen und Untersuchungen [1]) hat O. Jesse auch im Sommer 1890 den leuchtenden Nachtwolken seine Aufmerksamkeit gewidmet und darüber in der Preuss. Akademie berichtet [2]). „Die Wolken haben sich auch diesmal wieder ausschliesslich in der Zeit zwischen Ende Mai und Anfang August gezeigt, und zwar zum ersten Male am 26. Mai, zum letzten Male, nur in ganz schwacher Spur, zu Anfang August, also innerhalb nahezu vier Wochen auf beiden Seiten der Sommersonnenwende, jedoch etwas vorwaltend nach derselben.

Seit dem früheren Berichte sind weitere Bestätigungen gekommen, dass auf der Südhalbkugel die Erscheinungszeit entsprechend zur dortigen Sommersonnenwende liegt. Leider fehlen aber immer noch genauere Ortsbestimmungen u. s. w. von der Südhalbkugel.

In der Zeit vom 26. Mai bis 24. Juli 1890 sind in Steglitz, Rathenow, Nauen und auf der Sternwarte der Urania in Berlin zusammen 180 photographische Aufnahmen der leuchtenden Wolken gelungen. Von diesen sind etwa 75 zur Höhenbestimmung geeignet, insofern sie in identischen Zeitpunkten an mindestens zwei verschiedenen Beobachtungsorten erlangt sind. Weitere 30 Aufnahmen sind zu Bestimmungen der Geschwindigkeiten und Richtungen der Bewegungen der Wolken brauchbar, weil sie in geeigneten Zeiträumen aufeinander folgende Darstellungen der Wolken an einem und demselben Beobachtungsorte enthalten. Die übrigen Aufnahmen sind zu Untersuchungen über die räumlichen Ausdehnungen der Wolken und die Struktur derselben brauchbar.

Die Helligkeit der Erscheinung war im Sommer 1890 wiederum gegen das Vorjahr deutlich vermindert. Nur bei einigen ausserordentlich durchsichtigen Luftzuständen trat eine Annäherung an den früheren Glanz hervor. Offenbar werden die Ansammlungen dieser Massenteilchen immer dünner, was man auch an dem deutlicheren Hervortreten gewisser Strukturverhältnisse, wie der im vorigen Berichte bereits erwähnten Grat- und Rippenbildungen (Wellenbildungen) wahrnehmen kann. Früher waren dieselben durch die Fülle übereinander liegender und in einander

[1]) Klein, Jahrbuch **1.** p. 339 ff.
[2]) Sitzber. d. k. preuss. Akad. d. Wissensch. **26.** 1891. p. 467.

übergehender ähnlicher Bildungen gewissermassen verdeckt, jetzt treten die charakteristischen Linien der Konfigurationen, bestehend in jenen Grat- und Rippenbildungen einfacher und gesonderter hervor.

Es ist gelungen, nachzuweisen, dass die Grate oder Längenstreifen parallel der Bewegungsrichtung der ganzen Wolke, die Rippen oder Querstreifen nahezu rechtwinklig dazu liegen. Ferner sind mehrere Reihen von Messungen der Abstände der Rippen (Wellenkämme) von einander an verschiedenen Tagen ausgeführt worden. Es haben sich dabei folgende Gruppen von Resultaten ergeben:

Mittelwert aus Abständen von	9	Wellenkämmen	8.3 *km*
" " " "	10	"	9.9 "
" " " "	10	"	8.4 "
		durchschnittlich	8.9 *km*

Besonders auffallend ist im letzten Sommer der Unterschied gewesen zwischen der Helligkeit, mit welcher die Wolken in den Morgenstunden auftreten, und derjenigen Helligkeit, mit welcher sie in den entsprechenden Zeiten vor Mitternacht erscheinen.

Für die Höhe der leuchtenden Wolken hat sich im Sommer 1890, soweit die Messungen definitiv berechnet sind, der Mittelwert von 82 *km* ergeben, fast genau übereinstimmend mit dem aus den Aufnahmen von 1889 abgeleiteten Werte von nahezu 83 *km*.

Die hiermit zum ersten Male in hinreichender Strenge nachgewiesene Beständigkeit dieses Abstandes, also der Lage der Niveaufläche der Erscheinung von einem Jahre zum anderen, dürfte allein schon eine wissenschaftliche Thatsache von grosser Bedeutung sein.

Was nun die Geschwindigkeiten und Richtungen der Bewegungen betrifft, so hat sich auch diesmal wieder gezeigt, dass die Hauptkomponente der Bewegung von Ost nach West gerichtet ist und nahezu 100 *m* in der Sekunde beträgt, während die Drehungsgeschwindigkeit der bezüglichen Zone der Erde, über welcher die Wolken sich befanden, von West nach Ost sich auf etwa 240 *m* in der Sekunde stellt.

Ausserdem ist eine kleinere und veränderliche Komponente in der Richtung des Meridians vorhanden gewesen, welche an den Tagen und in den Tageszeiten, aus denen bis jetzt leidlich sichere Bewegungsbestimmungen vorliegen, von Nord nach Süd gerichtet gewesen ist.

Die Gesichtspunkte, von denen aus die Erscheinung der leuchtenden Wolken auf Grund der bisherigen Beobachtungen zu betrachten ist, sind bereits recht vielseitig. Gleichwohl bietet sich noch ein weites Forschungsgebiet dar, besonders in bezug auf die Fragen, welche Kräfte es sind, die das vorwiegende Auftreten des Phänomens in den Morgenstunden veranlassen, ferner

Digitized by Google

welcher Art diejenigen Kräfte sind, durch welche die vorwiegende Bewegung der Wolken aus Nordost und die Verschiebung von der nördlichen nach der südlichen Halbkugel der Erde und wieder zurück hervorgebracht wird. Dann ist die Frage über die Höhe des Phänomens in verschiedenen Breiten der Erde eine für die Konstitution unserer Atmosphäre wahrscheinlich hoch bedeutsame, und nicht minder ist die Frage über die Stoffe, aus denen die leuchtenden Wolken sich zusammensetzen, von hohem Interesse." — Bedauerlicher Weise," so schliesst Jesse seinen Bericht, „ist die Anteilnahme der wissenschaftlichen Welt an diesem merkwürdigen Phänomene im allgemeinen eine so geringe, dass bei der voraussichtlich nur noch kurzen Dauer desselben kaum erwartet werden kann, für diese Fragen einigermassen befriedigende Lösungen zu erhalten."

17. Niederschlag.

Über die Aufstellung der Regenmesser hat Prof. Hellmann Studien angestellt[1]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass man einen Regenmesser auch hoch über dem Erdboden aufstellen kann, wenn man ihn nur gegen den störenden Einfluss des Windes sichert. „Das in allen Instruktionen und Anleitungen für meteorologische Beobachter zu findende Verbot, den Regenmesser hoch aufzustellen, muss demnach eine gewisse Einschränkung erfahren. Es giebt Fälle, wo eine solche Aufstellung zugelassen werden darf. Wo man einen geeigneten Hof oder Garten zur Verfügung hat, wird man diesem natürlich den Vorzug geben, aber in enggebauten Städten bleibt oft nichts anderes übrig, als den Regenmesser auf einen höheren Standpunkt zu bringen. Allerdings dürfte es gut sein, jedesmal durch eine Reihe vergleichender Beobachtungen sich von der Brauchbarkeit der Messungen zu überzeugen."

„Ich hoffe," sagt Prof. Hellmann, „dass man die prinzipielle Verurteilung der Aufstellung des Regenmessers in grösserer Höhe über dem Erdboden, welche seit Jahrzehnten zum Dogma geworden war, nunmehr allmählich fallen lassen wird.

Mit der hier erörterten Frage des Einflusses, welchen der Wind auf die Messung der Niederschläge ausübt, steht aber auch noch ein anderer wichtiger Punkt der Instruktion für Regenbeobachter im Zusammenhange. Fast alle derartige Anleitungen enthalten die Anweisung: man stelle den Regenmesser so frei wie möglich auf.

Das ist falsch. Ein ganz freistehender Regenmesser, z. B. auf einer Wiese, einem Ackerfelde u. s. w., fängt fast stets zu wenig Niederschläge auf, eben weil er gegen den Wind nicht geschützt ist.

In welcher Weise man sich die störende Wirkung des Windes vorzustellen hat, wurde schon im Jahre 1863 ziemlich richtig von Herrn Renou

---

[1]) Berliner Zweigverein der deutschen meteorologischen Gesellschaft 8. p. 10.

auseinandergesetzt (Annuaire de la Société Météorologique de France 1863 p. 69—73) und von Herrn Cleveland Abbe neuerdings noch weiter ausgeführt, so dass ich hier diese Seite der Frage ganz übergehen darf.

Der von Herrn Nipher konstruierte Schutztrichter verdankt auch nur dem Wunsche, den störenden Einfluss des Windes zu beseitigen, seine Entstehung, wenn er diesen Zweck auch nicht ganz erreicht, da die Herren Börnstein und Wild gezeigt haben, dass er bei Schneefall öfters fehlerhafte Messungen bedingt. Die Beobachtungsresultate an einem solchen Regenmesser auf dem Dache der Landwirtschaftlichen Hochschule lehren aber auch, dass der Nipher'sche Trichter bei weitem nicht den Schutz gegen den Wind gewährt, wie das ganze Dach der ehemaligen Bau-Akademie dem Regenmesser und wie die benachbarten Häuser dem auf dem Balkon meiner Wohnung stehenden. Vergleicht man mit diesen Ergebnissen noch diejenigen, welche Herr Wild[1]) erhalten hat, an Regenmessern, welche mit soliden Bretterzäunen umgeben waren und so einen sehr wirksamen Windschutz genossen, so gelangt man zu der Überzeugung, dass die allgemeine Vorschrift, den Regenmesser so frei wie möglich aufzustellen, aufgegeben werden muss. In einem Garten mit natürlichem Hecken- oder Bretterzaune. der nicht zugleich mit alten Bäumen dicht besetzt ist, in einem geräumigen Hofe u s w. steht der Regenmesser besser, als an einer ganz freien Stelle, wo weit und breit kein Gegenstand Schutz gegen den Wind gewährt. Ich habe übrigens schon seit einigen Jahren bei Inspektionsreisen die allzu freien Aufstellungen der Regenmesser, die allerdings der noch im Geiste der alten Anschauungen geschriebenen amtlichen Instruktion durchaus entsprechen, möglichst zu beseitigen gesucht. In einigen Fällen konnten eine Zeit lang vergleichende Beobachtungen an der alten (freien) und an der neuen (geschützten) Stelle gemacht werden, und jedesmal zeigte sich, dass hier mehr als dort gemessen wurde.

Es scheint mir deshalb auch unzweifelhaft, dass alle an Meeresküsten aufgestellten Regenmesser, die nicht besonders gegen den Wind geschützt sind, erheblich zu wenig Niederschläge auffangen. Ich habe sowohl in Deutschland, wie namentlich in England und in Schweden Regenmesser gesehen, welche fast unmittelbar am Meere, auf ebenem Strande, auf einem Deiche, auf freiem Plateau und dergl. völlig schutzlos da standen.

Darum glaube ich auch nicht, dass die Regenarmut mancher Küsten (vgl. z. B. Töpfer's Regenkarte von Deutschland) so gross ist, als sie in Tabellen und Karten verzeichnet wird; sie ist zum Teile eine nur scheinbare, verursacht durch die zu freie Stellung des Regenmessers.

Ebenso sind alle Niederschlagsmessungen von Berg-, namentlich aber Gipfelstationen durchaus unsicher, weil der störende Einfluss des Windes hier sein Maximum erreicht.

Ein weiterer Schluss aus diesen Beobachtungs- und Erfahrungsergebnissen besteht darin, dass nur gleichartig aufgestellte Regenmesser, d. h. solche, welche — ceteris paribus — auch denselben Windschutz geniessen, vergleichbare Resultate liefern können.

Diese Erkenntnis ist etwas deprimierender Natur; denn wie soll man eine derartige Gleichartigkeit der Aufstellung ermöglichen an Orten, welche die allerverschiedensten Bedingungen der Besiedelung und Bepflanzung aufweisen? Eine vollständige Übereinstimmung zu erreichen, scheint mir ganz unmöglich, selbst wenn man allgemein den Nipher'schen Schutztrichter oder etwas Ähnliches zur Anwendung brächte. Aber wesentlich herabmindern kann man die Verschiedenheiten durch Befolgung des oben gegebenen Ratschlages, den Regenmesser so windgeschützt wie möglich aufzustellen. Herr Cleveland Abbe hat den geistreichen Vorschlag gemacht, für jede Regenmesseraufstellung einen von der Windgeschwin-

[1]) Repertorium für Meteorologie, Bd. IX.

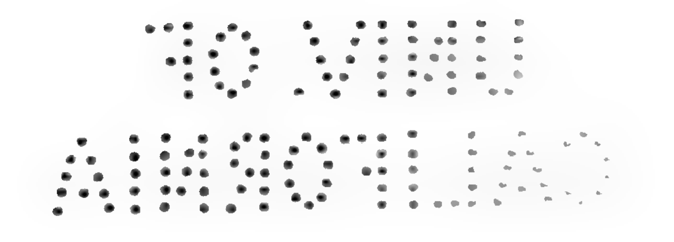
Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

Cumulo nimbus. (Aus Dr. Singer, Wolkentafeln).

Stratus. (Aus Dr. Singer, Wolkentafeln).

Digitized by Google



ed by Google

digkeit abhängigen Korrektionsfaktor zu ermitteln, aber bei näherem Eingehen auf seine theoretisch ganz richtigen Anschauungen erweist sich der Vorschlag in praxi als undurchführbar, namentlich wenn man es mit einem dichten Netze von mehreren tausend Regenstationen zu thun hat.

Machen wir von all' diesen Erwägungen und Betrachtungen eine Nutzanwendung auf unser Regenmessversuchsfeld bei Berlin, welches zu denselben eigentlich die Veranlassung gegeben hat, so wird der mit den lokalen Verhältnissen der verschiedenen Stationen Vertraute sofort begreifen, dass auch hier ein gewisser Anteil der gefundenen Differenzen des Regenfalles auf ungleiche Beeinflussung der Regenmesser durch den Wind zurückzuführen sein wird. Ich will im nächsten Jahre bei abschliessender Bearbeitung der 5—6-jährigen Beobachtungsperiode diesen Punkt noch näher ausführen und mache hier nur auf die grossen Unterschiede aufmerksam, welche sich fast jedes Jahr in den Niederschlagsmengen der Station Martiniquefelde und Charlottenburg, Goethestrasse 62, gezeigt haben. Jene war stets geringer als diese, obwohl beide Stationen nur 1.6 *km* auseinanderliegen; aber dort stand der Regenmesser am freiesten, hier ist er gegen Wind durch umstehende kleine Gebäude ausserordentlich geschützt.

Man sieht, je mehr man sich in ein solches Problem vertieft, um so komplizierter erscheint die Aufgabe Feinheiten und Vorsichtsmassregeln, an die man früher gar nicht gedacht hat, tauchen auf, und die Ermittlung der wahren Niederschlagsmenge, welche man insgemein als die einfachste Aufgabe des meteorologischen Beobachters ansah, wird ebenso schwierig, wie die der wahren Windgeschwindigkeit. Wie man es anzufangen hat, um die Niederschlagsmenge, welche einer bestimmten Stelle der Erde zukommt, richtig zu messen, geht aus dem Vorhergehenden zur Genüge hervor; die Schwierigkeit besteht grösstenteils nur darin, dass die Methode zu kompliziert ist, um sie in einem grossen Netze von Stationen zur Anwendung zu bringen."

Die Regenverhältnisse Mittel- und Westdeutschlands vom 22.—24. November 1890 sind von Prof. Hellmann dargestellt worden[1]). Nachdem vom 16. November ab, namentlich in den wesentlichen Gebietsteilen, fast täglich leichte Regenfälle stattgefunden hatten, begann am 21. der Regen allgemein stärker zu werden und hielt vom Nachmittage des 22. bis zum Abende des 24., besonders aber in der Nacht vom 23. zum 24. in so ungewöhnlicher Stärke an, wie er sonst nur bei sommerlichen Gussregen auf wenige Stunden Dauer vorzukommen pflegt. Der durch die vorhergehenden Regenfälle bereits durchtränkte Erdboden war nicht im stande, so viel von den überschüssigen Mengen aufzunehmen, als dies im Sommer bei starken Regenfällen nach voraufgegangener trockener Witterung geschieht; und da auch bei der sehr feuchten Novemberluft die durch Verdunstung entführte Wassermenge nur sehr gering sein konnte, waren die Flussbetten vielfach schon am Abende des 23. nicht mehr im stande, die ihnen von allen Seiten zuströmenden Wassermengen abzuführen; die Flüsse (Saalegebiet, mittlere Weser und rechte Zuflüsse des unteren Rheines) traten aus. Bereits in der Nacht zum 24. stieg die Hochwassergefahr aufs äusserste und hielt an vielen Orten noch bis zum 25., ja an einzelnen noch länger an.

[1]) Zentralbl. der Bauverwaltung 1891.

Digitized by Google

Die Überschwemmungen des November 1890 unterscheiden sich von denen früherer Jahre wesentlich dadurch, dass sie sich gleichzeitig auf ein sehr ausgedehntes Gebiet (Elbe, Weser und Rhein) erstreckten und somit auch viele kleine Flüsse und Flüsschen betrafen, welche bei den sonst zumeist durch Schneeschmelze verursachten Ausuferungen gänzlich unbeteiligt bleiben. Sodann war die Jahreszeit, wenigstens beim Elb- und Wesergebiete, eine für Überschwemmungen ziemlich ungewöhnliche.

Dies lag an dem eigentümlichen Verlaufe der Witterung. Vom Nachmittage des 19. November ab stand Mitteleuropa unter dem Einflusse einer barometrischen Depression, deren Kern im Norwegischen Meere lag, und welche sich bald rein südlich, bald mehr südöstlich bis zur Balkanhalbinsel erstreckte, während in West- und Osteuropa beständig hoher Luftdruck lagerte. Unter dem Einflusse dieser nach Süden reichenden Zunge niederen Druckes herrschte in Süd- und Westdeutschland sehr mildes, trübes und regnerisches Wetter, während im Gebiete hohen Luftdruckes von Osteuropa das schon am 18. eingeleitete Frostwetter immer mehr zunahm. Dadurch wurde der oben genannten Depression der gewöhnliche Weg nach Osten verlegt. Nachdem sie bis zum Abende des 22. ihren Ort fast gar nicht verändert hatte, begann sie in der Nacht zum 23., zunächst noch langsam, nach Süden fortzuschreiten, die Furche niederen Druckes zwischen den beiden Hochgebieten als Bahn benutzend. Am Morgen des 23. liegt ein Minimum von 728 *mm* über dem Skagerrak, welches unter stürmischen West- und Nordwestwinden den starken Regenfall im mittleren und westlichen Deutschland einzuleiten beginnt. Der Regen dauert überall ununterbrochen an, weil die Depression im Laufe des Tages nahezu unverändert bleibt: am Abende des 23. liegt sie noch an der Westküste von Schonen. In der Nacht zum 24., während welcher der Regenfall stellenweise eine wolkenbruchartige Stärke erreichte, verlagerte sich die Zone niedersten Luftdruckes, unter gleichzeitiger Erweiterung ihres Gebietes, weiter nach Süden, nach der Ostsee und dem nordwestlichen Deutschland. Bis zum Nachmittage desselben Tages wurde die südliche Richtung des Fortschreitens beibehalten, später bog das Minimum nach Ostsüdost ab, so dass es am Abende des 24. in Polen lag. Der niedrigste Barometerstand trat in Hamburg um $11^1/_2$ Uhr vormittags, in Berlin um 1 Uhr nachmittags am 24. ein; er betrug an letzterem Orte, reduziert auf den Meeresspiegel, 732 *mm*, ein ungewöhnlich tiefer Stand, der seit dem Jahre 1873 im November nicht vorgekommen war.

Das langsame Fortschreiten der Depression, welches das so langanhaltende Regenwetter bedingt hat, hängt offenbar mit der ungewöhnlichen Bahn derselben zusammen. Die beiläufig 1700 *km*, welche die Depression vom Abende des 21. bis zum Mittage des 25., also in rund 90 Stunden, vom Nordmeere bis nach Mittel-

Digitized by Google

deutschland fortgeschritten ist, würde sie beim Einschlagen des gewöhnlichen Weges von Westen nach Osten wahrscheinlich in weniger als der Hälfte der Zeit zurückgelegt haben. Öfters, namentlich im Laufe des 23., erkennt man das deutliche Bestreben, die gewohnte Bahn einzuschlagen, aber das Maximalgebiet in Nordrussland, wo die Temperatur zwischen —25° und —40° liegt. erweist sich als der mächtigere und gebietende Teil, welcher die Depression zwingt, weiter nach Süden, bezw. Südosten zu wandern. Nachdem das Gebiet niedrigsten Luftdruckes so verdrängt war, breitet sich das nordische Maximum selbst weiter nach Süden aus, so dass in Mitteleuropa an die Stelle warmen und regnerischen Wetters plötzlich strenge Kälte tritt, welche die überschwemmten Gebiete zum Teile mit einer Eisdecke überzieht. Am 24. Nov. betrug die mittlere Temperatur noch 2,4° C. in Posen, 3,7 in Berlin, 4,7 in Erfurt und 6,2 in Cassel; zwei Tage später, am 26., war sie an denselben Orten gesunken bis auf —13,2, —12,1, —12,1 und —10,3°.

Aus dieser kurzen Darstellung des allgemeinen Witterungsverlaufes ergiebt sich, dass in den Tagen vom 22. bis zum 24. November Mittel- und Westdeutschland an der regenreichen Vorderseite einer tiefen barometrischen Depression lag, welche Deutschland von Norden nach Süden durchquerte. Die durch dieselbe bedingten Regenfälle waren naturgemäss in den Gebirgen und den höheren Erhebungen des Landes am stärksten, weil die von Westen und Nordwesten herbeiströmenden feuchten Luftmassen zum Aufsteigen gezwungen wurden, dabei sich abkühlten und deshalb viel Feuchtigkeit ausschieden, hauptsächlich in der Form von Regen, und erst am 25. November in der von Schnee.

Die Verteilung der vom 22. bis zum 24. November 1890 gefallenen Niederschläge in Mittel- und Westdeutschland ersieht man am besten aus einer Karte, welche auf Grund der von etwa 350 Stationen eingelaufenen Berichte vom Assistenten des Königlichen Meteorologischen Instituts, Dr. E. Wagner, entworfen worden ist.

Die Karte wird vom Ostrande bis etwa zum Meridiane von Bielefeld die wirkliche Verteilung der Niederschläge fast ganz genau wiedergeben, ebenso wie im Kohlengebiete westlich von Arnsberg und im Thale der Kinzig, weil in diesen Gegenden das Netz der Regenmessstationen bereits vollständig organisiert ist; dagegen darf die Darstellung für die Provinzen Hessen-Nassau und Rheinland nur als angenähert richtig betrachtet werden. Dieser Mangel fällt indessen hier weniger ins Gewicht, weil die Gebiete des grössten Niederschlages jenem genauen Teile der Karte angehören. Es sind dies der Thüringer Wald, das Quellgebiet der Diemel und der Ruhr im Sauerlande, das Quellgebiet der zum Main fliessenden Kinzig und der Harz. Entsprechend dem Fortschreiten der Depression von Norden nach Süden erhielten

diesmal an allen Gebirgen und Plateaus die sonst gewöhnlich im Lee (oder Regenschatten) befindlichen Nordabhänge mehr Niederschläge als die Süd- und Westabhänge.

Die thatsächlich grössten Beträge der Regensumme jener drei Tage kamen zur Aufzeichnung im mittleren Teile des Thüringer Waldes:

Schmücke	189 *mm*
Oberhof	162 „
Grossbreitenbach . . .	146 „

sodann im Ramholze nahe der Kinzigquelle, wo 140 *mm* fielen, und in Bigge an der oberen Ruhr, wo 133 *mm* gemessen wurden.

Es fiel also in diesen drei Tagen $^1/_5$ bis $^1/_6$ der normalen Jahresmenge. Wahrscheinlich sind in den plateauartigen Erhebungen zwischen Ruhr und Lahn zum Teile sehr viel erheblichere Regenmengen niedergegangen, als die Karte vermuten lässt, weil man nach den in Elberfeld und Barmen vorgekommenen Überschwemmungen darauf schliessen muss, und weil aus früheren Beobachtungen in dem so ziemlich in der Mitte dieses Plateaus gelegenen Orte Gummersbach der herbstliche und winterliche Regenreichtum gerade dieser Gegend schon bekannt war.

Eine überschlägliche Berechnung der in den Gebieten des grössten Niederschlages während der drei Tage herabgefallenen Regenmengen führt zu folgenden Zahlen:

Sauerland	150 Millionen *cbm*
Thüringer Wald . . .	90 „ „
Kinzigthal	9 „ „

Wären die aus der Karte ersichtlichen Regenmengen auf die drei Tage ziemlich gleichmässig verteilt gewesen, so würden Ausuferungen der Flüsse allerdings wohl vorgekommen, aber doch von viel geringerer Ausdehnung gewesen sein. Die Überschwemmungen haben deshalb eine so ausserordentliche Höhe erreicht und namentlich im Saale- und Ruhrgebiete so grossen Schaden verursacht, weil der Hauptanteil an der Gesamtmenge in kaum 20 Stunden, vom Mittage des 23. bis zum Morgen des 24. November fiel. Die an einzelnen Stationen dreimal am Tage (7, 2 und 9 Uhr) ausgeführten Regenmessungen lassen deutlich erkennen, dass namentlich am Nachmittage des 23. und in der folgenden Nacht die Stärke des Regenfalles ihr Maximum erreichte."

Die Beziehungen der Regengebiete zu den Gebieten hohen und niedrigen Barometerdruckes sind wiederholt von Elias Loomis untersucht worden. In seiner letzten bezüglichen Abhandlung[1]) bezieht er sich auf dreimal täglich angestellte Beobachtungen während 41 Monaten im Gebiete des Beobachtungssystems des Signal Service und unter diesen

[1]) Americ. Journ. of Sciences [3.] **37**. p. 243.

Digitized by Google

auf diejenigen Fälle, wo östlich vom Felsengebirge in den Vereinigten Staaten bis zu 36° nördl. Br. in 8 Stunden wenigstens 2 Zoll Regen fielen, und südlich von 36° nördl. Br. in 8 Stunden wenigstens 2.5 Zoll. Diese Fälle verteilen sich auf die Jahreszeiten wie folgt:

	W.	Fr.	S.	H.	Jahr
Nördl. von 36° nördl. Br.	7	14	53	32	106
Südl. von 36° nördl. Br.	4	9	22	32	67

Heftige Regen mit 2 Zoll und mehr in 8 Stunden sind nördlich vom 36. Grade nördl. Br. an der Küste des Atlantischen Ozeans viermal so häufig als im Inlande, solche mit mehr als 2.5 Zoll südlich vom 36. Grade n. Br. etwas ($1^1/_2$-mal) häufiger an der Küste des Ozeans und des Golfes von Mexiko als im Inlande.

Während der Regenfälle lag das Zentrum des Regengebietes in folgender Richtung vom Zentrum der Depression:

	nördlich v. 36°	südlich v. 36°
Im NO-Quadrant	30 %	34 %
„ SO- „	28	21
„ NW- „	9	5
„ SW- „	9	18

In den übrigen Fällen fielen beide Mittelpunkte zusammen. Regenfälle von der bezeichneten Stärke sind nördlich von 36° nördl. Br. an der Ostseite einer Depression 2.8 mal häufiger als an der Westseite und südlich von jenem Breitengrade 2.6 mal, so dass also das Übergewicht der Ostseite allgemein ist. Die fernere Untersuchung ergab, dass die Regenmenge keineswegs durch die Tiefe der Depression bedingt ist, was wahrscheinlich eine Folge des Umstandes ist, dass mit der Vertiefung oft eine Zunahme des Durchmessers der Depression stattfindet, die Gradienten sich also nicht ändern. Eine Prüfung von 106 einzelnen Fällen der grössten Regenmengen ergab, dass die Maxima des Niederschlages in 40 % aller Fälle im SO-Quadranten, in 37 % im NO-Quadranten, in 10 % im SW- und in 3 % im NW-Quadranten stattfanden. Durchschnittlich fiel der meiste Regen dort, wohin sich die Depression bewegte, und das Mittel zwischen beiden Richtungen war in 60 % aller Fälle geringer als 60°. Regenmengen von 9 Zoll in 8 Stunden kommen in den Vereinigten Staaten östlich vom Felsengebirge 6.2 mal häufiger an der Ostseite als an der Westseite einer Depression vor, auf dem Atlantischen Ozeane 2.6 mal und in Europa ungefähr zweimal häufiger als an der Westseite. Dieses Überwiegen des Regenfalles auf der östlichen Seite einer Depression findet also überall statt (und steht wahrscheinlich mit der ostwärts gerichteten Bewegung der Cyklonenzentren in Beziehung). Als Loomis die

Häufigkeit des Regens bei fallendem und bei steigendem Barometer verglich, fand er für das Verhältnis derselben

in Indianopolis	1.32
in Philadelphia	2.88
an 7 britischen Stationen	2.08
in Paris und Brüssel	1.19
in Pawlowsk	1.06
in Prag und Wien	0.80

In Philadelphia kommt also fast dreimal so oft Regen bei fallendem Barometer vor als bei steigendem, während in Europa mit Entfernung vom Atlantischen Ozeane sogar häufiger bei steigendem Barometer Niederschläge eintreten.

18. Winde und Stürme.

Die Windverhältnisse auf dem Sonnblick und einigen anderen Gipfelstationen sind von Dr. J. M. Pernter dargestellt worden[1]). Seit dem September 1877 funktioniert auf dem Sonnblick ein Anemometer. Bearbeitet wurden die ersten zwei Jahre der Aufzeichnungen dieses Instrumentes; zum Vergleiche wurden noch die Beobachtungen auf dem Obir, Säntis, Pikes Peak, Pic du Midi, Puy-de-Dôme und dem Eiffelturme herangezogen. Aus diesen Untersuchungen ergeben sich die folgenden Resultate: A. Täglicher Gang. Der tägliche Gang der mittleren Windgeschwindigkeit (ohne Rücksicht auf die Richtung) erweist sich als resultierend aus der Übereinanderlagerung des täglichen Ganges der Geschwindigkeit der einzelnen Windrichtungen. Letztere zeigen keinen allen Richtungen gemeinsamen Gang, es fällt vielmehr das Maximum und das Minimum für verschiedene Richtungen auf verschiedene Stunden und Tageszeiten. Für den Sonnblick ist deutlich ausgesprochen das Gesetz der Drehung des Maximums der Stärke der einzelnen Richtungen mit der Sonne, für die übrigen Gipfel ist dies nicht sicher nachweisbar. Im täglichen Gange der Häufigkeit und des Windweges ist aber genanntes Gesetz deutlich ausgesprochen, und zwar für alle Berggipfel. Die Ursache dieser Drehung des Maximums mit der Sonne ist in der Hebung der Flächen gleichen Druckes durch die Erwärmung durch die Sonne zu suchen, welche für die untersuchten Stationen morgens östlich, mittags südlich, abends westlich stattfindet. Die Zerlegung der Windkraft in ihre Komponenten zeigt, dass die in den Meridian fallende Nord-Süd-Komponente auf einigen Gipfeln stets nördlich, auf anderen stets südlich ist; nur Sonnblick und Puy-de-Dôme weisen einen Übergang derselben aus der nördlichen in die südliche Richtung um die Zeit

[1]) Sitzungsber. der mathem.-physischen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaft in Wien, 1890. Nr. XXVII.

der grössten Tageswärme auf. Allein aus dem täglichen Gange der Richtung der Resultierenden erkennt man, dass auf allen Gipfeln um die Mittagsstunde die Richtung südlicher wird. Es hängt dies offenbar ebenfalls mit dem Gesetze der Drehung des Windes mit der Sonne zusammen. B. Jährlicher Gang. Der jährliche Gang der mittleren Windesgeschwindigkeit (ohne Rücksicht auf Richtung) zeigt im allgemeinen einen dem jährlichen Gange der Temperatur entgegengesetzten Verlauf. Pikes Peak gehorcht genau, Obir sehr nahe diesem Gesetze, Sonnblick und Säntis befolgen das Gesetz nur insoweit, als das Hauptmaximum in die kältesten, das Hauptminimum in die wärmsten Monate fällt; sie weichen aber von diesem Gesetze ab durch ein sekundäres Maximum im August und ein sekundäres Minimum Ende September und anfangs Oktober. Der jährliche Gang der einzelnen Richtungen ist nicht für alle derselbe. Auf dem Sonnblick, Säntis und Pikes Peak erkennt man einen Anklang an ein analoges Verhalten der Maxima wie beim täglichen Gange. Im Durchschnitte sind alle Winde im Winterhalbjahre stärker als im Sommerhalbjahre; nur auf den beiden höchsten Gipfeln finden wir, der eben genannten Analogie entsprechend, die Südwinde im Sommerhalbjahre stärker als im Winterhalbjahre. Der jährliche Gang der Häufigkeit und des Windweges zeigt, dass die Nordwinde aber nicht in den kältesten Monaten ihr Maximum haben, die Südwinde auch nicht in den heissesten, sondern im Frühsommer und September. Mit Ausnahme des Säntis sind überall die Nordwinde im Winterhalbjahre, die Südwinde im Sommerhalbjahre häufiger. Der jährliche Gang der Windkomponente zeigt das gleiche Verhalten, wie wir es für Häufigkeit und Windweg gefunden haben. Die resultierende Windkraft ist am grössten im Winter, und ihre Richtung ist im Winter am nördlichsten, in den wärmeren Monaten am südlichsten (nur Säntis macht eine Ausnahme). Die Jahresschwankung der Richtung der Resultierenden ist durchweg sehr bedeutend, auf allen grösser als ein Quadrant auf dem Pikes Peak 60°. C. Allgemeine Windverhältnisse. Die Windrichtung auf unseren höchsten Gipfeln wird von den wandernden Cyklonen bestimmt und entspricht nach dem Buys-Ballot'schen Gesetze im wesentlichen den Isobaren im Meeresniveau. Unsere atmosphärischen Wirbel reichen daher über unsere höchsten Gipfel hinauf. Das Vorherrschen der Westwinde auf den Gipfeln ist somit nicht eine Folge ihrer Höhe. Die mittlere Windgeschwindigkeit (ohne Rücksicht auf die Richtung) nimmt auf den Bergen, auch noch von 2500 *m* aufwärts, wahrscheinlich mit der Höhe noch etwas zu. Die grosse Windgeschwindigkeit auf dem Eiffelturme, welche der auf dem Säntis gleichkommt, lässt es aber wahrscheinlich erscheinen, dass in der freien Atmosphäre das Maximum der Windgeschwindigkeit in einer Höhe erreicht wird, die jedenfalls niedriger ist als 2500 *m*,

und dass von da aufwärts eine Abnahme der Geschwindigkeit eintrete. Die kleine Zunahme der Geschwindigkeit auf dem Pikes Peak wäre dann durch die grössere Reibung zu erklären, welche auf den niedrigsten Gipfeln gegenüber den höheren herrscht. Die Richtung der Resultierenden im Jahresmittel ist in den verschiedenen Jahren veränderlich, jedenfalls bis zu $^1/_{16}$ des Kreisumfanges. Nicht einmal im Jahresmittel können wir daher von einer konstanten mittleren Windrichtung sprechen. Die Vergleichung der Richtung der Resultierenden, wie sie aus den Windwegen einerseits und andererseits aus den Häufigkeiten sich berechnet, zeigt, dass es erlaubt ist, wie es für die Niederung Coffin nachgewiesen hat, auch für Berggipfel sich der Häufigkeiten zur Berechnung derselben zu bedienen. Nur für die einzelnen Monate des Jahres ergeben sich dabei etwas grössere Differenzen.

Die Tornados Nordamerikas, ihre Entstehung, Entwickelung und Auflösung schildert Dr. W. Blasius[1]) auf Grund langjähriger eigener Beobachtungen.

„Tornados", sagt er, sind „heftige, im Kreise sich drehende Winde in spiralförmig aufwärtsgehender Richtung. Ihre charakteristische Wolkenform ist ein Kegel, der seine Basis nach oben richtet und mit seiner Spitze anfangs im Zickzack, später in gerader Richtung über den Erdboden hinwegfegt. Der Tornado ist die ausgebildetste, charakteristischste Form derjenigen Stürme der gemässigten Zone, welche ich in meiner Klassifikation der Stürme Lokalprogressivstürme genannt habe, weil ihre Entstehung einerseits mit eigentümlichen Lokalverhältnissen zusammenhängt. Sie sind nicht allein die interessantesten, sondern auch die lehrreichsten und daher für die Wissenschaft bedeutungsvollsten aller Stürme, weil sie ihr scheinbar geheimnisvolles Treiben, ihre Geschichte in greif- und messbaren Zügen über engbegrenzte, leicht übersehbare Strecken auf den Erdboden schreiben.

Unter allen Stürmen der gemässigten Zone sind die Tornados die kleinsten in Ausdehnung, aber die wildesten und furchtbarsten in ihrer zerstörenden Wirkung. Ihre Zerstörungsbahn ist scharf begrenzt und bildet schmale, längliche Streifen, deren Länge gewöhnlich 20 englische Meilen nicht überschreitet, und deren Breite selten über 600 Schritte hinausgeht. Auf diesem kleinen Raume richtet der Tornado indessen in wenigen Minuten eine Zerstörung an, die aller Beschreibung spottet, und die umsomehr überrascht und in Erstaunen setzt, als die Erscheinung dem arglosen Beobachter plötzlich in die Wirklichkeit zu kommen scheint.

Sie entstehen, wie aus dem weiteren hervorgehen wird, durch das Zusammentreffen zweier Ursachen, wovon die eine

[1]) Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. 63. Versammlung zu Bremen 2. Teil. p. 24.

Digitized by Google

in einem besonderen Zustande der Luft, die andere auf der Erdoberfläche zu finden ist. Die Luft muss in ihrer horizontalen Bewegung zwischen schroffen Gegensätzen in Temperatur, Windesrichtung und Feuchtigkeit einen Zustand erreicht haben, den wir unstabiles Gleichgewicht nennen wollen, d. h. ein Gleichgewicht, das leicht gestört werden kann, und in diesem Zustande über einer Stelle der Erdoberfläche angelangt sein, die durch topographische oder andere Verhältnisse dieses Gleichgewicht stören kann. Tornados sind also zunächst das Produkt schroffer Gegensätze in Temperatur, Windesrichtung und Feuchtigkeit und daher vorzugsweise in Nordamerika zu Hause; denn Nordamerika ist das Land schroffer Gegensätze in diesen Dingen infolge eigentümlicher topographischer Verhältnisse und Lage. Man kann sie daher spezifisch amerikanische Stürme nennen. In keinem anderen Lande der Welt kommen die Tornados so häufig und so charakteristisch vor, wie in Nordamerika. Als im Jahre 1884 die amerikanische Wetterwarte, das Signal-Service-Bureau, viele Jahre nach ihrer Begründung endlich anfing, diesen wichtigen Stürmen einige Aufmerksamkeit zu schenken, zählte man 172 Tornados, welche in dem einen Jahre vorgekommen waren. Wenn man indessen die zahlreichen Tornados, die in unbewohnten Territorien und anderswo ungesehen stattfinden, und die vielen Hagelstürme, welche ich ebenfalls für Tornados halte, die mit ihrer Spitze nicht auf die Erde kommen, hinzuzählt, so geht man wohl nicht irre, im Durchschnitte auf den Tag 2—3 Tornados zu rechnen. Viele dieser wilden Stürme verursachen in weniger als 15 Minuten den Verlust von Hunderten von Menschenleben und von Millionen Dollars in zerstörtem Eigentume.

Es ist natürlich, dass ein solches mysteriöses, zerstörendes Phänomen, welches so häufig und fast ausschliesslich in Nordamerika vorkommt, den Forschersinn der Amerikaner vorzugsweise auf sich zog. In dieser Hinsicht stehen die verdienstvollen Amerikaner Redfield und Espy in erster Linie. Redfield fand, dass die zerstörten Bäume u. s. w. so liegen, wie eine rotierende Luftsäule von unbekannter Höhe und einem Durchmesser von 100—2000 englischen Meilen, die sich um ihre senkrechte oder etwas geneigte Axe dreht und gleichzeitig fortbewegt, sie legen müsste, und er benutzte diese von ihm in Tornados gefundenen Thatsachen, die von Piddington und Capper im Anfange dieses Jahrhunderts aufgestellte Cyclonentheorie der Stürme im allgemeinen zu befestigen. Espy auf der anderen Seite behauptete, dass der Wind in Tornados und in Stürmen im allgemeinen in gerader Linie nach einem Mittelpunkte (wenn der Sturm rund) oder nach einer Mittellinie (wenn der Sturm länglich) fliesse, und er benutzte diese ebenfalls in Tornados gewonnenen Erfahrungen, seine Zentripetaltheorie zu beweisen. Dove stellte sich auf die Seite von Redfield und verschaffte der Cyklonentheorie durch seinen berühmten Namen den

Vorrang. Er versuchte, dieselbe wissenschaftlich zu begründen, indem er die beiden entgegengesetzten Luftströmungen in der gemässigten Zone bei ihrem Zusammentreffen als nebeneinanderliegend annahm.

So standen die Sachen vor 40 Jahren, als ich am 22. August 1851, ein Jahr nach meiner Ankunft in Amerika, die erste Gelegenheit und das Glück hatte, die Vorbereitungen in der Natur zu einem Tornado zu beobachten, und zwar ohne ihre Bedeutung zu kennen.

Während dieser langen Reihe von Jahren habe ich Gelegenheit gehabt, viele Tornados in verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung zu sehen, und die Überzeugung gewonnen, dass alle im wesentlichen übereinstimmen, obgleich nicht alle das vollständige Bild der Zerstörung zeigen, welches ich in dem obigen Tornado das Glück hatte zu sehen. So hatte ich in den letzten 5 Jahren meiner Anwesenheit in Philadelphia allein Gelegenheit, 4 Tornados über einen kleinen Teil der Stadt kommen zu sehen. Alle vier kamen von derselben Lokalität, dem Zusammenflusse des Schuylkill in den Delaware, und nahmen ziemlich dieselbe Richtung. Der Tornado am 3. August 1885 zerstörte circa 500 Häuser in Camden und dem oberen Teile Philadelphias und mehrere Menschenleben. Der Tornado im nächsten Jahre nahm nur einige Dächer ab und zerstörte dann ein einziges neugebautes, 3 Etagen hohes Ziegelsteingebäude; das letztere nahm er von seinem Fundamente auf, warf es als Schutthaufen einige Fuss abwärts und verschwand aufwärts. Die anderen zwei Tornados waren unbedeutend. Alle zeigten über die erste Strecke ein unbeschriebenes Blatt, indem sie über Wiesen und den Fluss herkamen, wo nichts Zerstörbares vorkam. Dass alle von derselben Stelle her den Anfang nahmen, ist so Tornadoart und deutet darauf hin, dass sie lokaler Natur sind.

Als ich der Entstehung des West-Cambridge-Tornado im Jahre 1851 zusah, war ich mit dem Assistenten Agassiz's auf der Wiesenfläche zwischen Old- und West-Cambridge mit anderen wissenschaftlichen Dingen beschäftigt. Der Himmel war vollständig klar, und die Luft ausserordentlich schwül und erdrückend heiss. Man hatte Mühe zu atmen, ein Zeichen, dass der Luftdruck sehr gering war. Es herrschte eine vollständige Windstille, kein Blättchen bewegte sich. Die intensiven Sonnenstrahlen schienen uns in aller Stille an den Boden festnageln zu wollen. Eine solche feuchte, schwüle Hitze hatte ich in Deutschland noch nie erlebt. Plötzlich wurden wir in unserer stillen Beschäftigung durch ein lange anhaltendes Rollen von fernem Donner erschreckt. Als wir die Augen nach der betreffenden Gegend richteten, sahen wir im Nordwesten eine langgestreckte, schwarze Wolkenbank langsam über dem Horizonte erscheinen. Bald aber machte dieselbe Halt, und wir fuhren in unserer Beschäftigung fort. Es

Digitized by Google

mochten circa zwei Stunden verflossen sein, als wir derselben Wolke noch einen letzten Blick zuwarfen und den Rücken zukehrten, um nach Hause zu gehen. Die Wolke war uns während der Zeit wieder näher gerückt und stand in dem Augenblicke über West-Cambridge scheinbar unbeweglich still und fest, wie eine Mauer. Am nächsten Morgen las ich in der Zeitung einen mir unglaublichen Bericht über die Zerstörung eines Tornados, welcher der Beschreibung gemäss über das Terrain gegangen war, über welchem wir am vorigen Tage die Wolke in unbeweglicher Stellung gesehen hatten. Wir hatten nicht so bald die furchtbare Verwüstung in Augenschein genommen, als wir auch schon eine Vermessung derselben unternahmen, um das Rätsel zu lösen. Auch war Eile notwendig, wenn man die gegenseitige Lage und Richtung der Bäume u. s. w. aufnehmen wollte, wie der Tornado sie gelegt hatte; denn die Yankees fingen ebenfalls gleich an, die umgeworfenen Obstbäume mit Maschinen in ihre Lage zurückzubringen und zu retten. Ich hatte nämlich für die Vermessung eine Quersektion vor West-Cambridge gewählt, über welcher meist Obstgärten lagen, und über welche die Zerstörung ziemlich gleichmässig über die ganze Breite (600 Schritte) ging. Trotz der Vorsicht, schnell zu verfahren, gelangte ich zu keinem befriedigenden Resultate. Die Bäume lagen nach allen Richtungen, vorwärts, rückwärts, nach innen und nach aussen, scheinbar ohne alle Ordnung. Hätte ich damals Redfield's Untersuchungen und die Cyklonentheorie gekannt, so würde ich mich wahrscheinlich damit begnügt haben und ein Anhänger dieser Theorie geworden sein. Glücklicher Weise hatte ich damals diesen Nachteil nicht und folgte, mehr Aufschluss suchend, der Zerstörungsbahn bis zu Ende. Hier fand ich denn auch eine ganz verschiedene Anordnung der zerstörten Gegenstände; sie lagen nämlich von beiden Seiten nach einer Mittellinie zu, mit einer Neigung vorwärts. Es war, wie wenn ein Vakuum vorübergegangen wäre, welches die Gegenstände zu und mit sich fortgezogen hätte. Wenn ich die Anordnung der Mittelsektion nicht gesehen und nur Espy's Untersuchungen und Theorie gekannt hätte, wahrscheinlich würde ich auf seine Seite getreten sein.“

Blasius giebt nun eine genaue Beschreibung der von dem Tornado verursachten Zerstörung, wobei er nachdrücklich auf die Thatsache hinweist, dass zwischen zerstörten Feldern andere, und zwar von ähnlicher Form vorkommen, in denen nichts beschädigt ist. Dies deutet nach seiner Ansicht bestimmt darauf, dass „hier zwei Kräfte, eine zerstörende und eine schützende, thätig waren, und diese können nur in den beiden entgegengesetzten Luftströmungen von verschiedener Temperatur und Feuchtigkeit gefunden werden. Die scharfe Begrenzung zwischen diesen Feldern beweist die Nähe dieser beiden Kräfte auf der Erde und ihre grosse Spannung; die scharf begrenzte Wolkenbank zeigte die Stellung

und Lage derselben in der Höhe über der Zerstörungsbahn. Da die Zerstörung über die erste Strecke der Bahn hin nur von der rechten Seite, von Süden her in der Richtung des herrschenden Windes, stattgefunden, so ist die zerstörende Kraft eben in diesem Südwestwinde, und die schützende Kraft in dem gegenüberstehenden Nordwestwinde zu finden. Da nun die Bäume in der ganzen linken Hälfte der Bahn verschont geblieben waren, so muss der kalte Nordwestwind in dem Momente, als das unstabile Gleichgewicht eintrat, bis zu dieser Linie gestanden und diese Bäume umhüllt und gegen den schräg über den kalten Nordwestwind heftig auffliessenden Südwestwind geschützt haben."

Tornados kommen nach den Erfahrungen von Blasius immer im Zusammenhange mit der Klasse von progressiven Stürmen vor, die er Südoststürme nennt, die mit steigendem Barometer vorübergehen, und wozu auch die Gewitterstürme in Nordamerika gehören. „Hat der Wolkenkegel während seines Vorbeizuges so viele warme Luft (Südstrom) nach oben gesogen oder neuen Zuwachs durch eine andere kalte Luftwelle erhalten, so dass der kalte Strom seiner Front entlang wieder neue Kraft zum Vorwärtsfliessen erhält, so kann sich weiter ab ein zweites unstabiles Gleichgewicht ausbilden, und wenn die Begegnungsfläche der beiden Ströme in einem solchen Momente über einem geeigneten Terrain ankommt, so kann ein zweiter, dritter Tornado entstehen, der dem ersten dann parallel geht[1]).

Der kalte, schwere Luftstrom sucht die Niederungen und Thäler. Kommt er mit seiner Front an mehrere, die mehr oder weniger in derselben Richtung liegen, so teilt er sich, und es können dann in verschiedenen Thälern Gewitterstürme und in ihrer Front Wolkenbrüche, Hagelstürme, Tornados gleichsam quer durch sie hindurch ziehen und sich mit kleinen Unterbrechungen aneinander reihen. Die Kondensationen, ob sie in Regen oder Hagel bestehen, fallen immer in Amerika an der Nordseite der Bahn entlang, weil der Wolkenkegel die schräge Richtung der Begegnungsfläche nimmt. Dass der Hagel häufig in parallelen Streifen liegt, geht aus dem Vorkommen paralleler Tornados und Hagelstürme hervor. Dass alle diese Stürme lokaler Natur sind, geht aus obigem hervor; auch ist dies den Versicherungsanstalten sehr gut bekannt."

Über die Entstehung der tropischen Cyklone verbreitet sich H. F. Blanford[2]), wobei er sich indessen auf die

[1]) Als ich 1851 in Wooburn, 6 engl. Meilen nördlich von Medford oder dem Tornado, eine Vorlesung über den Gegenstand hielt und diese aus der Theorie deduzierte Möglichkeit aussprach, teilte mir Dr. Drew nach der Vorlesung mit, dass der Fall dort wirklich stattgefunden habe, und zwar einige Stunden vor dem West-Cambridge-Tornado, wahrscheinlich zur Zeit, als die Wolkenbank Halt machte. Dies sollte, denke ich, ein ziemlich guter Beweis für die Richtigkeit der Theorie sein. Bl.

[2]) Nature. 1890. **43.** p. 81.

Digitized by Google

ostindischen Orkane zur Zeit der Monsunwechsel und in den Sommermonaten beschränkt. die nordindischen Winter- und Frühlingsstürme aber ausschliesst. Er hebt hervor, dass jene in Betracht gezogenen Stürme ihren Ursprung fast ausschliesslich auf dem Bengalischen Meerbusen haben, höchstens in einigen Fällen in den Niederungen am nördlichen Rande desselben. Diese Ursprungsstätte verschiebt sich im Jahre mit der Nordgrenze der Südmonsune, sie liegt jenseits derselben in einer Region relativ niedrigen Luftdruckes mit Kalmen oder umlaufenden schwachen Winden. Dem Entstehen dieser Cyklone geht 2—3 Tage vorher unbeständiges, windiges Wetter mit wenig Regen an den Küsten. Hieraus kann man schliessen, dass sich in den untersten Luftschichten zunächst ein aufsteigender Luftstrom bildet Unter dem Einflusse der mit Feuchtigkeit gesättigten, südlichen Luftströmung wird der Auftritt beschleunigt, und die zunächst in den unteren Schichten der Atmosphäre eingeleitete Wirbelbewegung teilt sich auch den höheren mit, worauf die Cyklone von der allgemeinen westlichen Strömung der Atmosphäre fortgeführt wird. Die Cyklone steigt also nicht, wie Faye meint, von oben herab, sondern umgekehrt von unten in die Atmosphäre hinauf.

Die Bewegungen der tropischen Cyklone sind, anknüpfend an neuere Beispiele, von Everett Hayden dargestellt worden[1]). Derselbe macht besonders aufmerksam auf die jährliche Periode der geographischen Breite des Umwendens der Cyklonenbahn aus der südöstlichen in die nordöstliche Richtung. Dieses Umwenden findet im Juni in 20 bis 23° nördl. Br. statt, rückt dann allmählich nördlich, im Juli bis 27 oder 29° nördl. Br., im August bis 30 oder 32°, dann findet südliches Zurückweichen statt, im September bis 27—29°, im Oktober bis zu 20 oder 23° nördl. Br. Über die Frage der Navigierung in tropischen Cyklonen äussert sich Hayden wie folgt:

„Nehmen wir an, ein Schiff sei auf der Reise südwärts durch den Windwärtskanal (zwischen Kuba und Hayti) im August, und die entfernte, aber massive, hochgetürmte und drohende Wolkenbank eines Orkanes ist im Süden sichtbar, — soll es nach Norden, Osten oder Westen gehen, um ihm zu entrinnen? Keines von allen dreien, sondern es soll bloss beidrehen und die Cyklone auf ihrer majestätischen und zerstörenden Wanderung in ungefähr WzN-Richtung beobachten, durch das Karaibische Meer und den Kanal von Yukatan in den Golf und weiter, allmählich nach NW und N umbiegend, bis sie jenen unsichtbaren und unfühlbaren, aber allmächtigen leitenden Parallel erreicht, welcher den Scheitel ihrer grossen parabolischen Bahn bestimmt. Wenn jedoch der Orkan zuerst im Osten erblickt

[1]) Nat. Geogr. Magazine. **2.** Referat in der Met. Zeitschrift 1890. p. [81].

wurde, z. B. in OSO, so ist seine Annäherung unzweifelhaft; seine Bahn wird, wie oben, etwa nach WzN liegen; die langen federigen Cirruswolken, welche von ihm (nach WNW) ausstrahlen und den Himmel mit ihren langen zarten Federn bedecken, werden bald in einem dünnen Schleier oder Dunste verschwinden, mit Lichtringen um Sonne und Mond und feurigen roten und violetten Tinten nach Untergang und vor Aufgang der Sonne. Da die Rotation des grossen Wirbels auf der Nordhemisphäre gegen den Zeiger der Uhr geht, so wird das erste Wehen des nahenden Sturmes von N kommen, mit zunehmenden Böen feinen Nebelregens; die niedrigen Wolkenfetzen werden sich aber nicht von N, sondern etwa von NNO bewegen; die nächsthöhere Wolkenschicht (der hohe Cumulus) von NO; die folgende (der Cirrusschleier) von ONO; darauf der hohe Cirro-Cumulus von O; und, als höchste von allen, die Cirrusfedern, die jetzt fast unsichtbar geworden sind in dem sich verdichtenden cirrösen Schleier aus OSO. Welche Aufgabe kann klarer sein für das Schiff, als so rasch als möglich weiter südwärts zu kommen! Welche Tollheit wäre es, jetzt beizudrehen und die Gewalt des Orkans auszuhalten, da man doch seinen gewöhnlichen Weg im August weiss, die offenbaren Anzeichen seines Nahens erkennt, sowie auch die ausgesprochene cyklonische Zirkulation (welche durch die konvergierenden unteren und die divergierenden oberen Strömungen angezeigt wird)! Wenn ihr alle Segel beisetzt und nach S oder SSW abhaltet, wird das Barometer für einige Stunden — vielleicht für den ganzen Tag — fortfahren, zu fallen, und ihr werdet die stürmischen, schweren Böen und die plötzlichen Sprünge des Windes von N nach NzW, NNW, NW, W, S und endlich SO zu fühlen bekommen, der Regen und die dicken schwarzen Wolken werden bald aufhören, und die entfernte Wolkenmasse wird kleiner und kleiner werden, indem sie im NW unter den Horizont hinabsinkt. Hier, im Rücken des Sturmes, weht der Wind ungefähr aus SO, fast nach demselben hin, und wehe dem Seemanne, welcher, der alten Achtstrichregel folgend, im Glauben, dass das Zentrum im SO liegt, und in der Hoffnung, eine rasche Heimreise zu machen, vor der starken günstigen Brise weglenzt: er läuft direkt in den gefährlichen Halbkreis hinein, wo er beim Umwenden des Sturmes gefasst werden und seinem guten Sterne danken kann, wenn das Schiff und alles darauf nicht in „Davy Jones's Kiste" geht, mit keinem besseren Nachrufe, als „verschollen — verloren auf See."

„Nehmen wir nun an, es sei Oktober; die Wolkenbank eines Orkans, die im Süden erschienen ist, sollte den Schiffsführer, den wir wieder im Windwärtskanale befindlich annehmen, warnen, dass er in gefährlicher Lage sei. Oktober-Orkane werden auf Kuba besonders gefürchtet. Warum? Weil im Oktober die Insel direkt in jenem gefährlichen Breitengürtel liegt (20 bis

Digitized by Google

23° n. Br.), wo die Orkane umwenden, und weil ein Orkan, der südlich der Insel sich bildet, nicht fortzieht in WzN-Richtung, wie im August, sondern umwendet und die Insel kreuzt mit seiner ganzen ozeanischen Energie, welche durch seinen kurzen Weg über Land quer über die Insel weg nicht gebrochen ist. Unser Freund im Windwärtskanale sollte also den nahenden Sturm beobachten, wie eine Katze die Maus oder besser, wie eine Maus die Katze. Er sollte beidrehen für eine halbe oder ganze Stunde oder lange genug, um die Lage zu studieren und die Schwankungen des Windes, das Fallen des Barometers, die Änderung der Lage des höchsten und dichtesten Teiles der entfernten Sturmwolke, die Bewegung der Wolken und alles übrige zu beobachten, was ihm Aufschluss über die Richtung und Geschwindigkeit der Cyklone, ihre Dimensionen und ihre Intensität geben kann. Schiesst der Wind auch nur etwas nach rechts aus, z. B. von ONO nach O, bei niedrigem und noch fallendem Barometer, so pflanzt sich der Orkanwirbel ungefähr nach NW fort, und unser Freund befindet sich rechts von der Bahn des Zentrums. Dieselbe kann aber hier jeden Augenblick umbiegen, und er sollte unter keinen Umständen nach N oder W zu segeln wagen, sondern, wenn sein Bestimmungsort nach dieser Richtung liegt, abwarten, bis das Unwetter vorübergezogen ist . . . . Wenn der Wind seine Richtung fast gar nicht ändert, während er auffrischt, und das Barometer fällt, so ist die Lage äusserst gefährlich. Wenn möglich, laufe man westwärts längs der Südküste von Kuba, bevor der östliche Wind auffrischt; diese Küste wird zu luvwärts liegen, während die Cyklone nach Norden zieht, und der Wind von O nach NO, N und NW umgeht; die Nordküste von Kuba würde zu leewärts liegen und sehr gefährlich sein. Es sind also vielerlei Dinge dabei zu berücksichtigen, unter denen die Lage des Landes bei weitem nicht das letzte ist; wenn etwas ausser acht gelassen werden darf, so ist es die Reise selbst, angesichts einer Gefahr, welche man als eine der grössten bezeichnen kann, die der Seemann zu bestehen hat, nämlich eines Orkans in Westindien."

Zur Theorie der Cyklonen hat W. v. Bezold eine Abhandlung veröffentlicht[1]), in welcher er zunächst eine sehr instruktive Übersicht über den Umschwung der Anschauungen in den letzten Jahren giebt.

„Während man", sagt er, „unter der Herrschaft der alten Passattheorie fast alle diese Bewegungen nur als Folgeerscheinungen des zwischen Pol und Äquator vor sich gehenden Luftaustausches betrachtete und beinahe sämtliche Einzelvorgänge unter diesem Gesichtspunkte zu erklären versuchte, verfiel man seit der Begründung der sogenannten modernen Meteorologie in

---

[1]) Sitzungsberichte d. Preuss. Akademie 1890. **50.** p. 1295 u. ff.

Digitized by Google

das entgegengesetzte Extrem. Als man nämlich an der Hand der Wetterkarten die Bedeutung hatte kennen lernen, welche den Gebieten hohen und niedrigen Luftdruckes zukommt, so glaubte man, dass die alte Anschauungsweise höchstens für das Verständnis der Vorgänge in der Tropenzone noch von gewissem Werte sei, während in höheren Breiten nur lokale Erwärmung und Abkühlung, sowie die Feuchtigkeitsverhältnisse für die Bildung von Cyklonen und Anticyklonen und damit für die gesamten Witterungserscheinungen massgebend seien.

Den niedrigen Luftdruck im Inneren der Cyklone betrachtete man früher nur als eine Folge der durch Zusammenwirken von Äquator- und Polarstrom erzeugten Wirbelbewegung. Später dachte man sich im Gegenteile diese Wirbelbewegung ausschliesslich als Folge des niedrigen Druckes, der seinerseits eben den genannten lokalen Verhältnissen seine Entstehung verdanken sollte. Wieviel Wahres diese neuere Auffassung an sich hatte, und wie sehr die Wissenschaft durch sie gefördert wurde, dies bedarf keiner Auseinandersetzung, trotzdem lässt sich nicht in Abrede stellen, dass man zu weit gegangen ist, wenn man in ihr den Schlüssel zu haben glaubte für die Erklärung der gesamten Witterungsverhältnisse. Man hatte eben, verlockt durch die vielen Erfolge, welche das Studium der Einzelvorgänge unter den neuen Gesichtspunkten bot, über diesen die grosse Zirkulation beinahe ganz aus den Augen verloren. Zwar machten einzelne Forscher hiervon eine rühmliche Ausnahme, und hat insbesondere Ferrel, wie in der ganzen Dynamik der Atmosphäre, so vor allem auch in der Lehre von der allgemeinen Zirkulation, grundlegende Arbeiten durchgeführt. Aber abgesehen davon, dass sie erst durch das Sprung'sche Lehrbuch in weiteren Kreisen bekannt wurden, so betrachtet doch Ferrel diese Zirkulation gewissermassen als ein in sich geschlossenes Gebiet von Erscheinungen, während die Cyklonen und Anticyklonen für ihn ebenso wie für die Mehrzahl der modernen Meteorologen selbständige Gebilde sind, deren Theorie er dementsprechend auch unabhängig von jener der allgemeinen Zirkulation zu entwickeln versucht. Dagegen hat Hann bereits im Jahre 1879 gelegentlich für eine allgemeinere Auffassung seine Stimme erhoben und in einem kurzen Aufsatze unter dem Titel: „Einige Bemerkungen zur Lehre von den allgemeinen atmosphärischen Strömungen,“ Anschauungen entwickelt, wie sie im grossen und ganzen jenen entsprechen, auf welche die neuesten Forschungen hinführen. Das Verdienst, die Aufmerksamkeit der Meteorologen in weiteren Kreisen auf die Behandlung dieser Fragen unter allgemeineren Gesichtspunkten gelenkt zu haben, gebührt unstreitig Werner von Siemens, dessen Abhandlung: „Über die Erhaltung der Kraft im Luftmeere,“ eine mächtige Anregung gegeben hat, ganz ohne Rücksicht darauf, wie man über die dort entwickelten Anschauungen im einzelnen

Digitized by Google

denken mag. Von diesem Zeitpunkte an sind dann verschiedene Arbeiten erschienen, welche entweder direkt die Erforschung der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre zum Gegenstande haben oder wenigstens dahin zielen, die Unzulänglichkeit der bisherigen allzu engherzig entwickelten Lehre von den Cyklonen und Anticyklonen darzuthun. In erster Linie war es von Helmholtz, welcher in seiner Abhandlung: „Über atmosphärische Bewegungen," nachwies, dass es in der Luftmasse durch kontinuierlich wirkende Kräfte zur Bildung von Diskontinuitätsflächen kommen kann, und die grosse und allmählich wachsende Cyklone der oberen Schichten, die am Pole zu erwarten wäre, sich in eine grosse Zahl unregelmässig fortwandernder Cyklonen und Anticyklonen mit Übergewicht der ersteren auflöse. Damit ist wenigstens der Weg angedeutet, auf welchem man die Verbindung der Einzelerscheinungen, wie man sie in den Cyklonen und Anticyklonen vor sich hat, und die man bisher als ganz selbständige Individuen betrachtete, mit dem grossen Kreislaufe zu suchen hat. Der Untersuchungen von Möller, Oberbeck und anderen, die ebenfalls die allgemeine Zirkulation in der Atmosphäre betreffen, mag nur nebenher gedacht sein. Während so theoretische Forschungen nach einer allgemeineren und grossartigeren Auffassung der gesamten Luftbewegungen hindrängten, unternahm es Hann, den früher a. a. O. ausgesprochenen Vermutungen über die Unvollständigkeit der bisherigen Anschauungen durch das von den Hochstationen gelieferte Beobachtungsmaterial thatsächliche Unterlagen zu geben. Er wies nach, dass in sehr verschiedenen Fällen die Temperaturen im Inneren der Cyklonen und Anticyklonen bis zu beträchtlichen Höhen hinauf derartige sind, dass es unmöglich ist, das Zustandekommen dieser Gebilde aus dem spezifischen Gewichte der zentralen Luftsäule zu erklären, und dass man unwillkürlich darauf geführt wird, die Einwirkung der grossen Zirkulation zur Erklärung heranzuziehen. Die bisher gebräuchlichen Theorien über die Entstehung und Fortpflanzung der Cyklonen und Anticyklonen bedürfen demnach unzweifelhaft nicht unwesentlicher Modifikationen, und zwar wird es sich darum handeln, klar zu legen, in welcher Weise die obenerwähnten lokalen Ursachen, bezw. das durch sie bedingte spezifische Gewicht der Luftsäule und die allgemeine Zirkulation zusammenwirken, um die thatsächlich beobachteten Erscheinungen hervorzubringen." Verhältnismässig leicht erkennt man dieses Zusammenwirken in dem Verlaufe der mittleren Jahres- und Monatsisothermen der Erde, von dem v. Bezold folgende Skizze giebt: „Der Temperaturunterschied zwischen den äquatorialen und polaren Gegenden bedingt in den hohen Regionen der Äquatorialzone einen Luftabfluss nach dem Pole zu. Dieser Strom wird infolge der ablenkenden Kraft der Erdrotation zuerst in einen südwestlichen — auf der Südhemisphäre in einen nordwestlichen — dann mehr

und mehr in einen nahezu rein westlichen verwandelt. Zugleich wächst nach dem Flächensatze seine Geschwindigkeit mit dem Weiterschreiten nach höheren Breiten. Die hieraus sich entwickelnden Zentrifugalkräfte überwiegen nun von bestimmten Breiten an über den Einfluss der Temperaturen, welcher ein fortgesetztes Steigen des Luftdruckes nach den Polen hin bedingen würde, so dass dieser Druck, der anfänglich mit der Entfernung vom Äquator thatsächlich wächst, von diesen Stellen ab wieder abnimmt, und zwar beinahe bis zum Pole hin. So entstehen zwei Gürtel höheren Druckes, die sich in den Mittelwerten mehr oder minder geschlossen, jedoch mit deutlich erkennbaren getrennten Kernen, in den Einzelfällen vielfach durchbrochen zeigen. Diese beiden Gürtel hohen Druckes sind Gebiete absteigenden Stromes, wie sich schon in den Bewölkungsverhältnissen zu erkennen giebt. Zugleich sind die Luftbewegungen dort schwach, da bei der enormen Änderung im Querschnitte, welche die Luftströme beim Übergange aus der horizontalen in die vertikale Richtung erfahren, die kinetische Energie erheblich vermindert wird. Auf der äquatorialen Seite der beiden Gürtel wehen die Passate — abgesehen von der Unterbrechungsstelle, welche durch die Monsune in das ganze System gebracht wird —, auf der polaren finden sich, wenigstens in grösseren Höhen, die Bedingungen erfüllt, welche nach von Helmholtz zur Entstehung von Wirbeln Anlass geben müssen. So folgen in diesen Gegenden Cyklone auf Cyklone, die, nur durch Kämme höheren Druckes von einander getrennt, in den grossen, die Pole umgebenden Wirbeln ostwärts weiter getragen werden. Die Anticyklonen dagegen sind Teile der Ringe hohen Druckes, und für die Lage ihrer Kerne sind nun die Temperaturverhältnisse von wesentlichem Belange insofern sie immer relativ kalte Gebiete aufsuchen, also im Sommer und in niedrigen Breiten die Meere, im Winter und in höheren Breiten die Festländer. Diesen Verhältnissen ist es zuzuschreiben, dass der Ring hohen Druckes sich auf der südlichen Hemisphäre nahezu in der Gestalt zeigt, wie man sie nach der Theorie zu erwarten hat, während er auf der nördlichen gewaltig verzerrt erscheint. Insbesondere macht sich der Einfluss des grossen asiatischen Kontinentes in so hohem Grade geltend, dass der Kern der grossen sibirischen Anticyklone um 25° aus jener Breite hinausgerückt ist, in welcher das Luftdruckmittel für ganze Breitekreise den Maximalwert erreicht. Während nämlich dieser Wert sowohl im Jahresmittel als auch in extremen Monaten ungefähr auf den 35. Breitengrad fällt, so findet man den Kern der sibirischen Anticyklone im Januar etwa in 60° nördl. Breite. Führt man das hier nur in wenigen Zügen angedeutete Bild weiter aus, so sieht man, wie leicht und einfach sich die mittlere Luftdruckverteilung an der Erdoberfläche überblicken lässt. Eine Anwendung ähnlicher Betrachtungsweisen auf einzelne Fälle und die

Erklärung ganz bestimmter Erscheinungen aus dem Zusammenwirken der allgemeinen Zirkulation mit den lokalen Bedingungen dürfte wohl auf Jahre hinaus eine der wichtigsten Aufgaben der Forschung bilden. Eine vollständige und strenge Lösung dieser Fragen wird freilich ganz gewaltige Schwierigkeiten bieten und ist nicht abzusehen, bis wann eine solche gelingen wird. Man wird sich deshalb zunächst damit begnügen müssen, ganz besonders einfache Fälle unter den eben entwickelten Gesichtspunkten zu betrachten. Vor allem aber scheint es wichtig, einfache Kennzeichen dafür aufzustellen, ob bei ganz bestimmten Erscheinungen, oder noch besser, bei gegebenen Cyklonen oder Anticyklonen, die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse allein hinreichen, die Thatsachen zu erklären, oder ob und inwieweit man hier die Mitwirkung von Bewegungen zu berücksichtigen hat, deren Ursachen ausserhalb des betrachteten Wirbels oder wenigstens ausserhalb des gerade betrachteten Teiles eines Wirbels liegen."

Prof. von Bezold unternimmt es nun, nach dieser Richtung hin einige Schritte weiter zu gehen, verfolgt also dasselbe Ziel wie Hann in der oben erwähnten Arbeit, jedoch unter Beschränkung auf rein theoretische Betrachtungen und Berücksichtigung vor allem von Luftdruck und Wind.

„Die Frage", fährt er fort, „nach der Einwirkung der grossen atmosphärischen Zirkulation auf die Vorgänge in einer Cyklone lässt sich, immer unter der Voraussetzung eines stationären Zustandes, dahin formulieren: Genügt die thatsächlich bestehende Verteilung von Luftdruck und Temperatur, um die gleichzeitig vorhandenen Bewegungen vollständig zu erklären oder nicht? Oder mit anderen Worten: Sind die Bewegungen in der Cyklone ausschliesslich Folge der in ihrem Zentrum vorhandenen Luftverdünnung, oder ist umgekehrt die letztere ganz oder teilweise die Folge dieser Bewegungen, die alsdann ihre Ursache natürlich ausserhalb finden müssen? Betrachtet man nur einen Teil des Wirbels, so lehrt die Bejahung der letzten Frage nur, dass die Ursache jedenfalls ausserhalb des betrachteten Teiles liegen muss, ohne dass man sie deshalb notwendiger Weise ausserhalb des ganzen Wirbels zu suchen hat. Leider lässt sich selbst die einfache Frage ob in einem Teile des Wirbels die vorhandenen Bewegungen ganz aus der Druckverteilung zu erklären sind, noch nicht in aller Allgemeinheit beantworten, da man immer noch allerlei mehr oder minder willkürliche Annahmen über den Reibungskoeffizienten und über die Beeinflussung benachbarter Schichten zu machen hat. Dagegen ist sie ohne weiteres zu verneinen, sowie der sogenannte Ablenkungswinkel gleich oder grösser wird als 90°, d. h. sowie die Windrichtung in die Isobare fällt oder gar mit einer Komponente gegen den Gradienten geht. Unter diesen Bedingungen ist nämlich Arbeit zu leisten, die keinenfalls von der in der Cyklone oder in dem betreffenden

24*

Digitized by Google

Teile der Cyklone vorhandenen Gradientkraft geleistet werden kann, da im ersteren Falle die Gradientkraft senkrecht steht auf der Richtung, nach welcher die Arbeit, die hier in der Überwindung der Reibung besteht, zu leisten ist, während im zweiten gar noch eine Kraftkomponente vorhanden sein müsste, die der einzigen aus der Druckverteilung entspringenden entgegengesetzt gerichtet wird."

v. Bezold betrachtet von diesen beiden Fällen den erstgenannten, da er der mathematischen Behandlung leicht zugänglich ist, betrachtet also Cyklonen mit kreisförmigen Isobaren und mit Rändern, die in die Richtung dieser Isobaren fallen (Sprung's Cyklonen von symmetrischer zirkulärer Gestalt mit dem Ablenkungswinkel 90°). Diese vereinfachende Annahme ist, wie v. Bezold selbst bemerkt, in gewissem Sinne etwas misslich, schon deshalb, wie man sagen muss, weil dabei eigentlich nur ein Teil einer Cyklone zur Behandlung kommt, denn selbst bei den aussergewöhnlich tiefen Barometerminimis, die von Orkanen begleitet sind, ist eigentlich nur der innere Teil nahe dem Zentrum „symmetrisch zirkulär". Indessen ist eine gründliche Behandlung eines solchen möglichst vereinfachten Falles immerhin von Bedeutung. Auf jedes Teilchen des Wirbels wirken nun drei Kräfte, nämlich die Zentrifugalkraft, wie sie aus der Rotation um die Wirbelaxe entsteht, die ablenkende Kraft der Erdrotation und die aus dem Unterschiede im Luftdrucke entspringende Gradientkraft. Diese drei Kräfte fallen beim zentrierten Wirbel bei welchem jedes Teilchen einen Kreis beschreibt, in die Richtung des Radius dieses Kreises, und es ist nur der Sinn derselben verschieden, je nachdem man es mit ein- und auswärts gerichteten Gradienten, d. h. mit cyklonaler oder anticyklonaler Luftdruckverteilung zu thun hat. Im ganzen sind nach v. Bezold vier Fälle möglich, von denen jedoch nur einer für die Meteorologie praktische Bedeutung hat. Es ist derjenige des Wirbels mit einwärts gerichtetem Gradienten, kreisförmigen Isobaren und cyklonaler Luftbewegung unter der besonderen Voraussetzung, dass die Windrichtung allenthalben senkrecht zur Richtung des Gradienten steht. Unter diesen Voraussetzungen ist leicht zu begreifen, dass die Beschleunigung, welche der Luft durch die Gradientkraft erteilt wird, gleich jener sein muss, welche ein schwerer Punkt erfährt, der ohne Reibung auf der als fest gedachten Fläche gleichen Druckes herabgleiten würde. Dieser Satz gilt, solange der Winkel, den die Flächen gleichen Druckes mit der horizontalen bilden, klein ist, was in Wirklichkeit stets stattfindet. So findet v. Bezold in einem bestimmten Beispiele (14. Okt. 1881) jenen Winkel nur zu 1′36″, woraus erhellt, wie ausserordentlich gering im allgemeinen die Neigung der Flächen gleichen Druckes ist, da man selbst bei der starken atmosphärischen Störung, wie sie an dem betreffenden Tage in der betrachteten Gegend herrschte, dennoch

Digitized by Google

von dem betrachteten Punkte um 18 *m* nordwärts gehen musste, um die gleiche Änderung des Luftdruckes zu erhalten, wie bei der Erhebung um nicht einmal 12 *m*.

Es ergiebt sich aus der von v. Bezold aufgestellten Formel, dass es für das Bestehen eines zentrierten cyklonalen Wirbels unerlässlich ist, dass zwischen der Druckverteilung und den Windgeschwindigkeiten ganz bestimmte Beziehungen vorhanden seien. Es giebt demnach in allen Fällen, wo die Winde ein Zentrum im echten Sinne des Wortes umkreisen, eine ganz bestimmte Druckverteilung, welche das Fortbestehen eines solchen Wirbels ermöglicht, und umgekehrt bei jeder symmetrisch zirkularen Druckverteilung ganz bestimmte Geschwindigkeiten, für welche das gleiche gilt. Wenn hierbei die Reibung ganz unberücksichtigt ist, so schliesst dies die Voraussetzung in sich, dass sie durch Kräfte überwunden wird, welche hier gar nicht in der Rechnung erscheinen, also z. B. durch die Geschwindigkeitsunterschiede in den benachbarten Schichten, die ihrerseits freilich wieder durch Ursachen unterhalten werden müssen, die ausserhalb des betrachteten Gebietes liegen. Keinenfalls können diese Widerstände im zentrierten Wirbel durch die aus der Druckverteilung entspringenden Kräfte überwunden werden. Die Fragen, welche hinsichtlich der genannten Wirbel bei den Meteorologen interessieren, sind nun die folgenden:

Giebt es wirkliche Cyklonen, welche wenigstens an der Erdoberfläche selbst solche Druck- und Windverteilung aufweisen, wie sie in der zentrierten Cyklone bestehen müssen? Können diese Bedingungen unter den in der Atmosphäre herrschenden Verhältnissen in Schichten von grösserer vertikaler Erstreckung gleichzeitig erfüllt sein, oder ist es unwahrscheinlich, dass eine Cyklone, die an der Erdoberfläche als zentrierter Wirbel erscheint, auch noch in grösseren, wenn auch mässigen Höhen, die gleiche Eigentümlichkeit besitzt?

v. Bezold kommt zu dem Ergebnisse, dass die Existenz zentrierter Cyklonen nicht unwahrscheinlich sei, letztere sogar nicht allzuselten sein mögen; bezüglich der zweiten Frage findet er, dass es nicht wahrscheinlich ist, dass eine an der Erdoberfläche zentrierte Cyklone auch noch in grösseren Höhen die gleiche Eigentümlichkeit besitzt. Man habe vielmehr in den oberen Teilen solcher Cyklonen zentrifugale Bewegungen zu erwarten, selbst wenn sie gegen den Gradienten erfolgen müssen.

v. Bezold bringt die Bedingungen für den zentrierten Wirbel durch Einführung des Begriffes der „kritischen Fläche“ in folgende einfache Form:

„Im zentrierten Wirbel müssen die kritischen Flächen und die Flächen gleichen Druckes zusammenfallen. Die Neigung der Fläche gleichen Druckes misst nämlich die Grösse der nach der Axe hin wirksamen Gradientkraft, die Neigung der kritischen

Fläche aber die aus der Zentrifugalkraft, sowie aus der Erdrotation entspringende, von der Axe abgewendete Komponente. Besitzt demnach an einer gegebenen Stelle die kritische Fläche eine geringere Neigung als die Druckfläche, so hat man es mit einer einwärts gerichteten, also zentripetalen Resultante zu thun, ist die kritische Fläche stärker geneigt als die Druckfläche, so ist die Resultante zentrifugal. Hierbei muss man jedoch wohl beachten, dass die kritischen Flächen auch bei symmetrisch zirkularer Druckverteilung nur dann Rotationsflächen sind, wenn die Luftbewegungen in Kreisbahnen vor sich gehen, die auf der Axe senkrecht stehen, und deren Mittelpunkte in eben dieser Axe liegen. Unter diesen Bedingungen ist aber der Zustand ein labiler, sofern die Druckflächen und die kritischen Flächen nicht an jeder Stelle die gleiche Neigung haben, bezw. nicht innerhalb des ganzen betrachteten Raumstückes zusammenfallen. Trotzdem hat auch die Untersuchung dieses natürlich nur als Durchgangszustand denkbaren Falles ein gewisses Interesse, da, wie schon oben erörtert, die Bewegungen, wie man sie beobachtet, thatsächlich sehr häufig den Kreisbewegungen ausserordentlich nahe kommen, während andererseits die Verallgemeinerung der Aufgabe nicht unerhebliche Schwierigkeiten bietet."

Die Tornados und Tromben genügen höchstwahrscheinlich der Bedingung nahezu kreisförmiger Bewegung in der Nähe der Axe. Indem nun v. Bezold die obige Betrachtungsweise auf diese Fälle anwendet, findet er, dass bei Annäherung an die Axe die kritischen Flächen ganz ausserordentlich starke Neigung besitzen, und mithin ganz enorme Gradienten vorhanden sein müssen, wenn diese Kreisbewegungen nicht in zentrifugale übergehen sollen. So ergiebt sich z. B. für eine Windgeschwindigkeit von 30 *m* in einem Abstande von der Axe von 10 *m* ein Gradient von 90000, d. h. eine Druckabnahme von 0.81 *mm* für 1 *m* Annäherung an die Axe. Der Neigungswinkel der kritischen Fläche aber wird unter den angegebenen Voraussetzungen etwa 84°. Werden demnach solche Bewegungen eingeleitet auf Kosten von Energie, die an anderen Stellen gewonnen wurde, so müssen in der Umgebung der Axe starke Luftverdünnungen auftreten, die man berechnen kann, wenn man über die Abnahme der Geschwindigkeit mit der Entfernung von der Axe bestimmte Voraussetzungen macht. Die ganz enormen Gradienten, welche in einem, wenn auch nur sehr dünnen, die Axe des Tornados umgebenden Mantel herrschen müssen, wenn keine zentrifugalen Bewegungen eintreten sollen, machen es nämlich sehr unwahrscheinlich, dass Luft von aussen her diesen Mantel durchdringt und sich nach der Axe hin bewegt, d. h. dass zentripetale Bewegungen eintreten. Um solche hervorzubringen, müssten ja die thatsächlich vorhandenen Druckflächen noch stärker geneigt sein als die kritischen Flächen, oder, was dasselbe ist, die effektiven

Digitized by Google

Gradienten müssten noch grösser sein, die schon so ausserordentlich grosse Werte annehmen. Wenn aber kein fortgesetztes Zuströmen nach der Axe hin stattfindet, dann ist auch das Bestehen eines aufsteigenden Stromes in dieser selbst nicht denkbar. Im Gegenteile möchte v. Bezold für wahrscheinlich halten, dass in dem Axenkanale keine sehr bedeutenden vertikalen Bewegungen stattfinden, sondern dass derselbe im wesentlichen ein fortschreitender luftverdünnter Raum ist, wobei jedoch immer neue Luftteilchen in die Bewegung hineingerissen und damit der Verdünnung unterworfen werden. „Die Annahme eines aufsteigenden Stromes in dem Axenkanale ist auch gar nicht notwendig, da ja Ferrel nachgewiesen hat, dass die durch die Zentrifugalkraft hervorgerufene Luftverdünnung, der keine Wärmezufuhr zur Seite steht, ausreichend ist, um die Kondensation und damit die Entstehung des Wolkenschlauches zu erklären. Wenn sich dabei der Schlauch zuerst als herabhängender Ansatz an der Wolke zu erkennen giebt und dann erst allmählich herunterzusteigen scheint, so ist dies ganz natürlich, da dort, wo die Reibung am Erdboden nicht in Betracht kommt, schon in einem früheren Entwickelungsstadium der Erscheinung erhebliche Geschwindigkeiten auftreten werden, die dann die Luftverdünnung und damit die Kondensation im Gefolge haben müssen. Überdies steht die Luft gerade unterhalb der Wolke der Sättigung am nächsten, und bedarf es dort nur ganz geringer Luftverdünnung, um Kondensation hervorzubringen. Erst wenn die Geschwindigkeiten auch in den unteren Schichten der Atmosphäre die entsprechende Steigerung erfahren haben, schreitet auch dort die Verdünnung so weit fort, dass der Wolkenschlauch bis zur Erde herabreicht. Dabei darf man jedoch hieraus keineswegs den Schluss ziehen, dass die Ursache der ganzen Erscheinung in den oberen Regionen zu suchen sei, es ist vielmehr zu erwarten, dass auch in den Fällen, wo der Vorgang durch Überhitzung der untersten Luftschichten und den dadurch erzeugten labilen Gleichgewichtszustand eingeleitet wird, dennoch in grösserer Höhe früher bedeutende Geschwindigkeiten erreicht werden als unten. Da nämlich gerade nach Auslösung des labilen Gleichgewichtes die beschleunigenden Kräfte mit der Höhe zunehmen, so muss nicht nur der aufsteigende Strom, den man sich aber nicht gerade in der Axe des später entstehenden Tornados, sondern über grösserer Fläche zu denken hat, an sich immer grössere Geschwindigkeiten erlangen, sondern es muss dies vor allem auch von den seitlich zuströmenden Luftmengen gelten, da sich ihnen mit wachsender Höhe geringere Widerstände entgegenstellen. Überhaupt gestattet der Umstand, dass die Wolkenschläuche von oben herabzusinken scheinen, gar keinen Rückschluss darauf, ob man den eigentlichen Entstehungsherd oben oder unten zu suchen habe. Ebensowenig darf man aus diesem scheinbaren Herabsteigen des Wolkenschlauches auf

abwärts gerichtete Bewegungen im Inneren desselben schliessen. Im Gegenteile beweist eben das Auftreten des Schlauches, dass in einem solchen Falle die absteigenden Bewegungen, die an sich keineswegs unwahrscheinlich sind, nicht sehr bedeutend sein können, da sonst adiabatische Kompression eintreten müsste, und somit Wolkenbildung unmöglich wäre. Bei den grossen Cyklonen ist dies etwas anderes, hier ist es sehr wohl denkbar, dass bei Entstehung oder bei besonders starker Entwickelung derselben in den mittleren Schichten der Atmosphäre, die sowohl durch die allgemeine Zirkulation als auch infolge lokaler Auflockerung der Luft eintreten kann, ebensowohl von oben als von unten Luft angesogen werde. Auch kann man durch einfache Modifikationen der (im Originale) mitgeteilten Figur zu Systemen von kritischen und Druckflächen gelangen, bei welchen das Herabsaugen sich bis zur Erdoberfläche erstrecken muss, so dass sowohl das sogenannte „Auge des Sturmes“ als auch die merkwürdige Trockenheit im Inneren der Cyklone, wie sie z. B bei dem Orkane von Manila am 28. Oktober 1882 beobachtet wurde, hierdurch ihre naturgemässe Erklärung finden.“

Vertikale Luftbewegungen. Auf dem Eiffelturme zu Paris sind seit Oktober 1890 Messungen der vertikalen Luftbewegung gemacht worden, über die Angot berichtet[1]).

Die Beobachtungen geschahen mittelst einer Mühle mit vier ebenen,unter 45° geneigten Flügeln, die sich um eine vertikale Axe drehen. Um sie gegen die Wirkung horizontaler Luftströmungen zu schützen, steht sie in einem oben und unten offenen, vertikalen Cylinder von 25 *cm* Höhe. Die grösste vertikale Geschwindigkeit, die man bisher gemessen, war 11.05 *km* pro Stunde (etwas über 3 *m* in der Sekunde) am 24. November im aufsteigenden Strome, während z. Z. die horizontale Geschwindigkeit 18.8 *m* betrug. Auch dieser Apparat ist kontinuierlich in Thätigkeit; und wenn auch die Zeit zu kurz ist, um aus seinen Angaben schon allgemeine Gesetze abzuleiten, so sind die bisherigen Resultate doch wichtig genug, um erwähnt zu werden.

Die absteigenden Strömungen sind auf dem Eiffelturme seltener als die aufsteigenden, und ihre Geschwindigkeit ist niemals ebenso gross.

Jedes plötzliche und andauernde Luftdruckminimum ist von starken aufsteigenden Strömen (2 bis 3 *m* pro Sekunde) begleitet. Da unter diesen Bedingungen der horizontale Wind auch sehr stark, der Himmel bedeckt und die Temperaturschwankung sehr klein ist, so können diese aufsteigenden Ströme nicht auf eine Erwärmung des Turmes zurückgeführt werden. Sie entstehen übrigens ebenso in der Nacht wie am Tage.

Zwischen den Intensitäten der horizontalen und vertikalen

[1]) Compt. rend. 1890. **111.** p. 848.

Digitized by Google

Komponente des Windes besteht keine Proportionalität. Während der Stürme wächst die vertikale Geschwindigkeit meist bei den relativen Windstillen nach den Windstössen.

Bei den grossen Minimis ist der Wind immer aufsteigend; wenn das Barometer steigt, ist er bald auf-, bald absteigend. Die längsten Perioden absteigenden Stromes sind während schnellen Steigens des Barometers und bei anhaltenden Maximis beobachtet worden.

19. Elektrische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland im Jahre 1890 ist von C. Lang untersucht worden[1]).

Gewitter, die auf dem Gebiete Süddeutschlands um das Zentrum einer kleinen Cyklone kreisten, waren 1890 nicht zu erkennen. Dagegen traten wieder zahlreicher solche Gewitter auf, die durch grössere Strecken in längeren Zeiträumen verfolgbar, eine beträchtliche Frontentwickelung besassen, also solche, wie man sie vor 1886 vorzugsweise darstellen konnte und damals auch als typisch für den Verlauf der Gewitter überhaupt gehalten hat. „Mit dieser wiederbeginnenden Ausdehnung der Gewitterfronten zusammenhängend und trotz der verhältnismässig zahlreichen elektrischen Entladungen östlicher Herkunft hat auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter wieder zugenommen und 31.7 *km* pro Stunde betragen.

Man gelangte damit wieder zu jenem Verhalten, welches in dieser Beziehung um das Jahr 1879 bestand, so dass also, ebenso wie dem Maximum der Sonnenfleckenhäufigkeit gegen die Mitte der achtziger Jahre ein Maximum der Gewittergeschwindigkeit folgte, im Jahre 1889 als dem Zeitraume geringster Sonnenfleckenhäufigkeit auch ein Minimum der besagten Geschwindigkeit entsprach, um nun, wenn der Verfolg nur einer Periode schon einen Schluss in bescheidener Form zulässt, vermutlich wieder mehrere Jahre lang anzusteigen."

Die Zusammenstellung nach Monaten zeigt, dass die Gewitter in der kühlen Jahreszeit eine grössere Geschwindigkeit zeigen, als in der wärmeren (November 60.8, Januar 39.0, Mai 24.3 *km*).

Statistik der Blitzschläge in Belgien 1889. Nach den Veröffentlichungen von F. Evrard und Lambotte[2]) kamen dort 1889 im ganzen 324 Blitzschläge zur Beobachtung, von

[1]) Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königreich Bayern. 1890. **12.**
[2]) Ciel et Terre 1891. Nr. 7.

denselben trafen 2 Blitzableiter, 123 Gebäude, welche in 36 Fällen Brände zur Folge hatten, 16 Personen oder Tiere, 96 Bäume und 81 Telegraphen- und Telephonlinien, 6 den Boden u. s. w. 18 Personen wurden durch den Blitz getötet, davon 1 in der Wohnung, 11 ausserhalb der Wohnung, 6 unter Bäumen, keine einzige in einem Telegraphen- oder Telephonbureau. Vom Blitze getroffen wurden 43 Personen, 20 in den Wohnungen 19 ausserhalb der Wohnung, 4 unter Bäumen, keine in einem Telegraphen- oder Telephonbureau. Von Tieren wurden 16 getötet und 4 getroffen. Die Zahl der Blitzschläge und der vom Blitze getroffenen Personen war in Belgien im Jahre

	1884	1885	1886	1887	1888	1889
Zahl der Blitzschläge	121	133	289	101	229	324
„ „ getroffenen Personen	34	24	42	21	48	43
„ „ getöteten Personen	16	13	5	7	15	18

Im ganzen wurden in 6 Jahren vom Blitze erschlagen 74 Personen, bloss getroffen 212. Nimmt man die mittlere Bevölkerung Belgiens während dieser 6 Jahre zu 5.8 Millionen an, so kommt jährlich auf 470000 Menschen ein Todesfall durch Blitzschlag.

Über die Dynamik der Gewitter hat sich Luigi de Marchi verbreitet [1]).

Derselbe stellt sich die Fortbewegung der Luftdruckverhältnisse, unter denen die Gewitter auftreten, nach Art von Wellen vor und meint, dass diese Gewitterwellen elastische Wellen seien, die sich vom Erzeugungspunkte wie Explosionswellen verbreiten. Auf Grund dieser — uns sehr problematisch erscheinenden — Vorstellung und einer darauf gestützten mathematischen Betrachtung fasst de Marchi die Dynamik eines Gewitters in der nachstehenden Folge sich abspielender Erscheinungen zusammen: Ein starker Strom kälterer- und trockener Luft fliesst über einer Schicht ruhiger, feuchter und sehr warmer Luft. Die Möglichkeit der Scheidung zweier solcher Luftschichten findet de Marchi unter Umständen auch durch eine Gebirgskette gegeben. Nach seiner Ansicht bilden z. B. die Alpen, indem sie die Westwinde aufhalten, ein starkes Aufstauen der Luft auf der französischen Seite, von welcher sich die Luft nach dem Pothale stürzt, wo die ganz verschiedenen Bedingungen der Sonnenexposition und der Druckverteilung eine stagnierende, wärmere und feuchtere Luft erzeugt haben. Diese Umstände sind in der That nach Schiaparelli die günstigsten für die Gewitterbildung im Pothale. Aber auch durch blosse physikalische und dynamische Ursachen kann, wie v. Helmholtz in seiner Abhandlung gezeigt, eine Scheidung zweier übereinanderliegender Luftschichten entstehen. Solche

[1]) Reale Ist. Lomb. Rendic. 1890. [2.] 23. p. 808.

Digitized by Google

aussergewöhnliche physikalische Bedingungen trifft man vorzugsweise in der Nähe eines Cyklonengebietes, wo die starke atmosphärische Zirkulation, behindert in der Nähe der Erde und sehr frei in den oberen Schichten, Luft von verschiedener Herkunft und Beschaffenheit miteinander in Berührung bringen kann. Der obere Strom kann die untere Schicht schräg treffen; er kann ferner aus mechanischen Gründen sich plötzlich ausdehnen oder sich verdichten, und in beiden Fällen wird er gegen die unter ihm liegende Schicht stossen, die obersten Schichten derselben fortreissen und heben, die warme, feuchte, untere Luft mit der kalten und trockenen, welche darüber liegt, mischen, und so eine reichliche Kondensation des Dampfes zu Regen und Eis veranlassen. Dieser Stoss des oberen Stromes verbreitet sich infolge der Elastizität der Luft senkrecht in der ganzen unteren Schicht und veranlasst in derselben Kondensation; gleichzeitig durchsetzen die in der Höhe gebildeten Regentropfen und Eisstückchen die Schicht und erzeugen, indem sie in ihr verdunsten, eine starke Abkühlung. So bildet sich über der betreffenden Gegend eine dichtere und kältere Luftsäule. Dieser Zustand strebt, sich horizontal auszubreiten, indem er von dem gestörten Gebiete als eine wirkliche Kondensationswelle ausstrahlt. Die eigentümlichen Temperaturbedingungen bewirken, dass die Welle sich mit einer verhältnismässig geringen Geschwindigkeit fortzupflanzen strebt, einer kleineren als die der elastischen Tonwellen. Nimmt man an, dass rings um das gestörte Gebiet die Luft sich im aussergewöhnlich warmen und feuchten Zustande befindet, dann wird die kreisförmige Welle an der Berührungsfläche noch einen so reichen Niederschlag von Wasser und Eis erzeugen, welcher in der ruhenden Schicht die nötige Abkühlung für die langsame Fortpflanzung der Welle erzeugen wird. In der Regel jedoch wird man die hierzu nötigen Bedingungen nur an einer Stelle des Kreises finden; auf den übrigen Teilen der Peripherie, wo nicht genügend Feuchtigkeit zu Niederschlägen vorhanden ist, wird die Kondensationswelle nicht genug abgekühlt, sie wird beschleunigt und verliert sich mit grosser Geschwindigkeit, während sie auf dem übrigen Bogen bleibt und sich in dieser Richtung langsam fortpflanzt.

Wo die Welle sich langsam fortbewegt, bleibt die Luft in der Nähe der Erdoberfläche hinreichend lange unter der Einwirkung der Druckdifferenz; sie hat daher Zeit, sich derselben anzupassen und eine dem ausnahmsweisen Gradienten entsprechende Geschwindigkeit anzunehmen. Wo hingegen die Welle sich schnell zerstreut, hat sie nicht Zeit, die Trägheit der Luft zu überwinden und ihr eine Rotationsbewegung mitzuteilen, ausgedehnt und energisch genug, um eine Gewitterstörung zu erzeugen. Deshalb erzeugen nicht alle barometrischen Wellen Gewitter, auch wenn sie viel intensiver als die betrachteten sind.

Digitized by Google

Die Niederschläge, welche die warme Schicht durchsetzen, lösen sich dabei durch Verdampfung auf und bilden sich dann teilweise wieder: sie erzeugen so eine dichte Wolkenschicht, welche oben gekrönt ist von Cumulus und falschem Cirrus, in denen die Niederschläge sich bilden, und unten begrenzt wird von einer ziemlich ebenen Fläche, wo die Temperatur beginnt, zu hoch zu sein, um eine weitere Kondensation zu gestatten. Von dieser unteren Fläche erstrecken sich jedoch wolkige Gebilde nach unten, welche die aufsteigenden Ströme andeuten, die hervorgebracht werden durch die Welle in den unmittelbar am Boden befindlichen Schichten, und von diesen Hervorragungen lösen sich zuweilen, fortgeschleift von der Wirbelbewegung der Schichten selbst, einige kleinere Wolken ab, welche wirbelnd unter der Schicht der überlagernden Wolken hinlaufen. Diese hingegen bewegt sich fort, gleichsam in corpore, indem sie bestimmte Umrisse behält, ohne erhebliche innere Bewegungen zu zeigen; und je stärker der Wind unten ist, desto ausgeprägter und schärfer sind ihre Umrisse.

de Marchi findet auch Übereinstimmung der Resultate seiner Formeln in bezug auf die von Ferrari durch Beobachtung gefundene Beziehung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Gewitters zur Windstärke und der Dauer der Gewitter, doch möchten wir darauf nicht allzuviel Gewicht legen. Die ganze Hypothese, dass die Gewitter sich durch eine Art elastischer Wellen fortpflanzen, steht gegenüber den Beobachtungen, welche die Gewitter als kleine Wirbel erkennen lassen, auf schwachen Füssen.

Die Nordlichter zu Godthaab in Grönland 1882—83. Während seines Aufenthaltes behufs der internationalen Beobachtungen zu Godthaab hat F. Paulsen auch den Nordlichtern seine Aufmerksamkeit gewidmet und die Resultate seiner Beobachtungen jetzt veröffentlicht[1]).

Das Polarlicht zeigte sich zu Godthaab, wie an allen im Polarlichtgebiete gelegenen Orten, in zwei Hauptformen, nämlich als Bogen oder als Strahlen; ist das Phänomen nur schwach entwickelt, dann erscheint es als Lichtschein oder als leuchtende Wolke. Die Polarlichtbogen können wieder in zwei Gruppen geteilt werden; entweder sind sie in der zur Hauptausdehnung senkrechten Richtung nur sehr wenig entwickelt, sie bilden Vorhänge, Draperien, Streifen und Bänder; oder sie sind auch in der zur Hauptausdehnung senkrechten Richtung stark entwickelt, sie bilden Zonen. Diese Formverschiedenheiten werden durch eine doppelte Tendenz bei der Entwickelung des Phänomens hervorgerufen; es hat nämlich sowohl eine Tendenz, sich in langen

---

[1]) Observations internationales polaires Publiées par l'Institut météorol de Danemark 1891. 1.

Digitized by Google

Streifen auszudehnen, als auch eine Neigung, die Atmosphäre von oben nach unten zu durchsetzen.

Die Richtung, in welcher die Polarlichter sich in Godthaab auszudehnen pflegen, ist von NO nach SW; perspektivisch müssen sie dann als Bogen erscheinen, während sie in Wirklichkeit lange Streifen oder Zonen bilden, deren unterer Rand stets zu gleicher Höhe über dem Boden hinabreicht; dieser untere Rand ist der hellste Teil des Streifens. Charakteristisch ist für die Formen, welche senkrecht zu ihrer Hauptausdehnung nur schwach entwickelt sind, für die Vorhänge, Draperien, Streifen und Bänder, dass sie sehr beweglich sind; sie bestehen meist aus Strahlen und Strahlenbündeln, welche sich aus einer diffusen, wolkenartigen Masse, nach oben emporschiessend, entwickelt haben. Bei grossen Polarlichtern sah man öfter eine ganze Anzahl von Bogen aus NO sich entwickeln und ihre Zwischenräume durch leuchtende Nebel oder Strahlen ausgefüllt. Je weniger entwickelt die Bogenform ist, desto grösser ist ihre Beweglichkeit, so dass sie oft die Form eines schwingenden Bandes annimmt, das frei in der Luft schwebt und oft Strahlen aussendet, wodurch es sich in eine Draperie umwandelt.

Ein weiterer sehr charakteristischer Zug der Bänder und Vorhänge, neben ihrer grossen Beweglichkeit, ist ihre ungemeine Dünnheit im Vergleiche zu ihrer Ausdehnung in Länge und Höhe. Sie scheinen oft gar keine Dicke zu besitzen; Paulsen hat zweimal einen Polarlichtvorhang über seinem Kopfe wegziehen sehen, und in dem Momente, wo der Vorhang durch den Zenith ging, konnte er infolge einer Wellenbewegung des Phänomens gleichzeitig die nach N und die nach S gerichtete Fläche übersehen.

Endlich hat diese Form der Polarlichter eine grosse Neigung, sich zu falten und durch diese Faltungen die interessantesten Formen anzunehmen. Sie gehen dann infolge dieser Dickenanhäufung in die Polarlichtzonen über, welche sich weit erstrecken und zuweilen das ganze Himmelsgewölbe einnehmen. Das Licht ist in diesen Zonen in Längsfasern angeordnet, deren mittlere Richtung parallel zur Richtung der Zone verläuft. Der Gipfel der Zonen reicht oft bis in die Nähe des Zeniths. Durch Strahlenentwickelung bilden sie die Polarlichtkronen.

Die Messungen zeigten, dass die Zonen in die höchsten Regionen der Atmosphäre hineinragen, und dass ihre wirklichen Dimensionen mit denen der grossen Landmassen der Erde verglichen werden können, während die kleineren Formen des Nordlichtes bis nahe zur Oberfläche der Erde hinabsteigen können. Der wirkliche Unterschied zwischen einer Draperie oder einer Strahlengruppe und einer Zone besteht also nur in der Ausdehnung und Grösse dieser Polarlichtformen. Man darf daher mit Recht annehmen, dass die Beschaffenheit der Luft einen wesentlichen Einfluss ausübt auf die Entwickelung der Polar-

Digitized by Google

lichterscheinungen, und dass die ungemein dünne Luft in den Höhen, wo die Zonen erscheinen, viel mehr die Bildung und Entwickelung der grossen Draperien begünstigt als die dichtere Luft in den tieferen Schichten.

In den grossen Nordlichtern, welche zu der Klasse der Bogenformen gezählt werden, entwickeln sich immer Strahlen. Es kommt jedoch vor, dass die Tendenz, die Atmosphäre in vertikaler Richtung zu durchsetzen, so vorherrschend ist, dass das Polarlicht nur in Form von Strahlen auftritt, die isoliert oder zu dünnen Bündeln vereinigt sind. Die Strahlen haben dann einen gemeinsamen Ausgangspunkt, an dem sich, wenn die Intensität zunimmt, eine Krone entwickeln kann.

Die schwächsten Erscheinungen des Polarlichtes zeigen sich in Form von Wolken oder Wolkenflecken und von verschwommenen Lichtscheinen. Die Wolkenfetzen sind teils zu Banden geordnet, teils hier und da über den Himmel verstreut. Die unbestimmten Lichtscheine sind niemals in Streifen angeordnet, sie nehmen oft einen sehr grossen Teil des Himmelsgewölbes ein; die Umrisse dieser Polarlichtformen sind immer schlecht begrenzt.

Die Häufigkeit der verschiedenen Nordlichtformen in Godthaab war in der Zeit vom 14. August 1882 bis 31. August 1883 folgende: 261 Bogen, 37 Draperien, 160 Strahlen, 284 unbestimmte Lichtscheine und Polarlichtwolken, 36 Kronen.

In Godthaab begannen die Polarlichter sehr oft mit Lichtscheinen, welche oberhalb der Berge in SO erschienen; dann erhob sich das Phänomen in der Regel in Form von Bogen, die sich nach oben ausdehnten. In diesen Fällen kann aber das Nordlicht in SO entstanden sein, bevor es sich über den Horizont von Godthaab erhob. Mehrere Male jedoch konnte die Entstehung eines Nordlichtes an Ort und Stelle beobachtet werden. In solchen Fällen begann die Erscheinung zuweilen mit der Bildung von wolkigen Flecken, die in Streifen angeordnet waren, welche sich nach und nach zu einem Bogen entwickelten; zuweilen sah man aber auch gleich die ganze Form der Erscheinung auftreten, jedoch nur angedeutet durch ein blasses und schwaches Licht. Die Strahlenreihen oder Draperien, deren sehr geringe Höhe am 17. Oktober gemessen wurde, erschienen zuerst als ein unbestimmtes Leuchten, welches dieselbe Form hatte, wie die Draperie, aber ohne von Strahlen durchsetzt zu sein. — Ein sehr intensives Polarlicht kann schon nach wenigen Minuten verschwinden. Zuweilen beobachtete Paulsen beim Eintreten in das magnetische Observatorium, wo er die Ablesung der Instrumente ausführte, ein grosses Nordlicht, von dem nur schwache Spuren übrig waren, als er nach 3 Minuten wieder heraus kam.

Die Farbe des Nordlichtes war gewöhnlich weiss mit einem schwachen Stiche ins Grüne oder Gelbe. Die wolkigen Formen hatten mehr eine graue Färbung. Die Ränder der Draperien

Digitized by Google

waren oft, aber nur momentweise, rot oder grün gefärbt, namentlich, wenn sie eine starke undulierende Bewegung hatten. Die Strahlen zeigten bei der Bildung einer Krone dieselben Farben.

Die Mehrzahl der Nordlichter erschien zu Godthaab in der südöstlichen Hälfte des Himmelsgewölbes: 20 % stiegen bis zum Zenith empor oder waren über den ganzen Himmel verbreitet. Das Azimuth der Bogengipfel hatte einen durchschnittlichen Wert von 138°.

Nach den im südlichen Grönland ausgeführten Messungen erstreckt sich das Feld, in dem die Polarlichter erscheinen können, von den höchsten Gebieten der Atmosphäre bis zur Oberfläche der Erde, während in den gemässigten Zonen die Erscheinung nur in den höheren Luftschichten auftritt. Wenn man als Ursache des Nordlichtes einen elektrischen Strom annimmt, so kreist also dieser Strom unter den niedrigen Breiten in den höchsten Regionen der Atmosphäre, während er bis zur Erdoberfläche hinabsteigt in der eigentlichen Gegend der Nordlichter. Die vertikale Richtung dieses Stromes und die grosse Differenz der Dichte der Luft, die er durchfliesst, sind die Ursachen, welche in den arktischen Gegenden dem Nordlichte ein so verschiedenes Aussehen geben von dem, welches das Phänomen in den gemässigten Ländern darbietet.

Der tägliche Gang des Nordlichtes erreicht zu Godthaab ein Maximum um 9^h abends. Das Maximum der jährlichen Häufigkeit fällt an der Westküste Grönlands ungefähr auf das Wintersolstitium. Aus den längeren Reihen grönländischer Beobachtungen ergiebt sich ein Maximum der Häufigkeit in den Zeiten, wo die Zahl der Sonnenflecke ein Minimum ist, während die Nordlichter seltener sind, wenn die Sonnenoberfläche ein Maximum der Flecke zeigt.

Die Annahme, dass das eigentliche Gebiet der Polarlichter periodische Oszillationen zeigt, steht mit der Erfahrung in Widerspruch. Vielmehr scheint es, dass eine lebhaftere Entwickelung der Erscheinungen des Nordlichtes unter niedrigen Breiten die Polarlichtthätigkeit in der eigentlichen Polarlichtgegend schwächt. Nicht auf eine räumliche Schwankung der Polarlichter weisen die sorgfältigen Beobachtungen hin, sondern auf ein zeitliches Alternieren derselben in den hohen und niederen Breiten.

20. Optische Erscheinungen in der Erdatmosphäre.

Die Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes ist wiederholt Gegenstand der Untersuchungen von Prof. E. Reimann gewesen. Seine neuesten[1]), auf Schätzungen der Höhe der Mitte des vertikalen Bogens zwischen Horizont und Zenith beruhenden

[1]) Osterprogramm des kgl. Gymnasiums zu Hirschberg 1891.

Ergebnisse stimmen hinlänglich gut überein, um der Smith'schen Hypothese das Wort zu reden. „Die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes am Tage ist somit als die einer Kugelkalotte zu betrachten, bei welcher die Mitte des vertikalen Bogens zwischen Horizont und Zenith eine durchschnittliche Höhe von 21 bis 22° besitzt. Die Zusammenstellungen bestätigen ferner unsere früher erhaltenen Resultate, denen gemäss der Himmel im Frühjahre und Winter und ebenso im bewölkten Zustande flacher erscheint, als im Sommer und Herbst und bei heiterem Wetter."

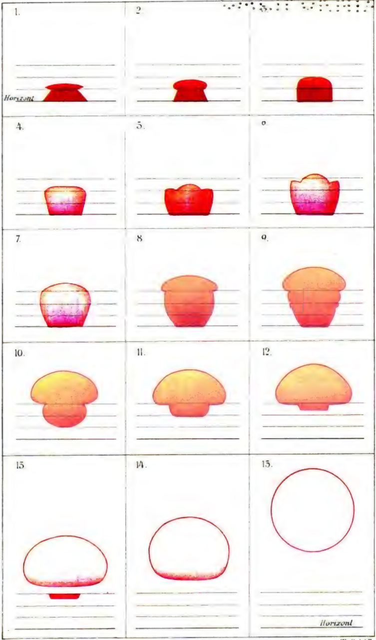
Die Dämmerungserscheinungen sind von Dr. Battelli in Cagliari in der ersten Hälfte des Jahres 1890 sehr sorgfältig studiert worden[1]). Begünstigt von einer sehr günstigen Lage und dem Umstande, dass dort sowohl morgens als abends sehr prachtvolle Dämmerungen auftreten, hat der Beobachter die Erscheinungen sehr eingehend verfolgen können. Wenn die Sonne sich nachmittags bis auf 4° oder 5° dem Horizonte genähert hat, erscheint sie mit einer glänzenden Aureole von weisslicher Farbe umgeben, welche sich nach allen Seiten gleichmässig ausdehnt Im Westen erscheint, eine Zone von etwa $^1/_2$° bildend, eine sehr zarte, gelbliche Färbung, über welcher zuweilen wie ein Schleier eine Schicht von bläulichem Grün lagert, das nach oben hin verschwimmt. Beim ferneren Sinken der Sonne wird das Gelb immer stärker, und das Grün breitet sich nach Nord und Süd weiter aus. Ist die Sonne bis auf 1° gesunken, so erhält das Gelb eine Neigung ins Orange und dehnt sich weiter aus, während das Grün aus der Sonnennähe verschwunden und mehr nach NW und SW gewandert ist. Im Osten findet man gleichfalls einen grünen Streifen in einer Höhe von 5° bis 6°, seine Erstreckung im Azimut kann 90° und mehr betragen. Darüber ist der Himmel hellblau, und das gewöhnliche Himmelsblau ist nur auf eine breite Zone im Zenit beschränkt.

Sobald die Sonnenscheibe den Horizont berührt, beginnt der zweite Teil der Dämmerung. Im Westen färbt sich der untere Teil der gelben Zone rötlich bis zur Höhe von 1°; diese Färbung nimmt an Stärke und Ausdehnung nach N und S zu, während gleichzeitig auch der grünliche Streifen im NW und SW eine deutlichere und glänzendere Färbung annimmt und nach N und S an Ausdehnung gewinnt. Im Osten erscheint gleichzeitig unten ein Streifen von verwaschener, kupferroter Farbe, der nach oben verschwimmt. Im Westen gehen jetzt schnelle Veränderungen vor sich; die gelbe Zone, welche eine stets mehr gesättigte Färbung annimmt, ist nach wenigen Minuten in das schönste Orange übergegangen, während die rötliche Färbung unten immer deutlicher und ausgebreiteter wird. Die glänzende Aureole um die

[1]) Il nuovo Cimmento, 1891. [3] **29.** p. 97. Naturw. Rundschau, 1891, Nr. 38.

Digitized by Google

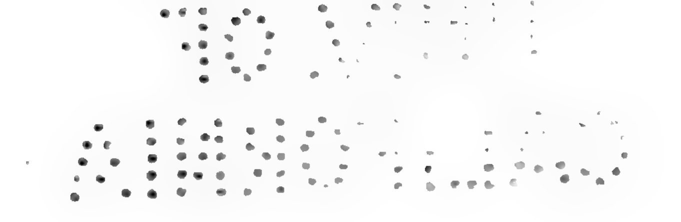
UNIV. OF CALIFORNIA



Klein, Jahrbuch II. Tafel VI.

Refractionserscheinungen der aufgehenden Sonne.
Beobacht. u. gez. Oblt. O. Krifka.

Digitized by Google



ed by Google

Sonne wird in horizontaler Richtung breiter und in vertikaler Richtung schnell niedriger, sie nimmt daher die Gestalt einer grossen, glänzenden, abgeplatteten Scheibe an: und, wenn die Sonne am Horizonte verschwunden ist, stellt der Westhimmel eine Wand dar, die bedeckt ist mit zum Horizonte parallelen, farbigen Schichten. Von jetzt ab sind die Änderungen im Westen nur unmerklich, bloss die Grenze zwischen der gelben Zone und dem Himmel wird deutlicher; sie wurde von v. Bezold der erste westliche Dämmerungsbogen genannt. Im Osten wird nach dem Untergange der Sonne das Grün nach oben mehr gesättigt, der untere kupferrote Streifen erscheint intensiver und erreicht eine Höhe von 8° bis 10° über dem Horizonte; bald jedoch erscheint der stahlgraue, glanzlose Erdschatten, der schnell im Azimut eine Ausdehnung von 60° bis 70° und eine Höhe von 2° erreicht. Dieser graue Schatten bedeckt das Kupferrot immer mehr, und sein Gipfel ist zuletzt in 12° bis 14° Höhe sichtbar. Die weiteren Änderungen, welche die Färbungen im Westen bis zum Ende des zweiten Teiles der Dämmerung, etwa 20 Minuten nach Sonnenuntergang, erleiden, können hier nicht beschrieben werden, ebensowenig mehrere sehr interessante Abweichungen von dem hier geschilderten typischen Gange der Farbenerscheinungen.

Wenn die Sonne etwa $3\frac{1}{2}°$ unter den Horizont gesunken ist, beginnt der dritte Teil der Dämmerung, der als die Periode des ersten Purpurlichtes bezeichnet werden kann. In einer Höhe von etwa 25° erscheint auf dem Himmelsblau, das schon viel von seiner Helligkeit eingebüsst hat, eine zwischen Rot und Purpur liegende Färbung, die anfangs so schwach ist, dass sie nur von einem geübten Auge gesehen werden kann; aber sie nimmt schnell an Intensität zu und dehnt sich nach oben und unten zu einer fast kreisförmigen Scheibe mit verwaschenen Rändern aus, deren Halbmesser bis zu den farbigen Schichten des Westens wächst. Die Mitte der Scheibe, die am lebhaftesten gefärbt ist, entspricht der Stelle, wo die erste Rötung erschienen ist. Gleichzeitig bemerkt man im Westen ein Lebhafterwerden der schon schwächeren Färbungen, das aber nach Battelli keine Kontrastwirkung ist. Nach einigen Minuten hat das Purpurlicht sein Maximum erreicht, und zwar wenn im Osten jede Spur von Rot verschwunden, und die Sonne bis 4° unter den Horizont gelangt ist Der purpurfarbige Kreis sinkt zum Horizonte, und zwar die Mitte schneller als die Scheibe selbst, während ihr Halbmesser fortwährend wächst. Bald wird aus der Scheibe ein Halbkreis und schliesslich ein Segment von sehr geringer Höhe, aber sehr grosser Azimutausdehnung; nach einigen Augenblicken ist alles verschwunden, sobald die Sonne etwa 6° unter dem Horizonte steht.

Bald nachdem das erste Purpurlicht erloschen, wird die gefärbte Schicht im Westen etwas lebhafter, die Intensität des rötlichen Grundes nimmt zu, die darüber liegende gelbe Schicht wird goldiger, während in NW und SW die Basis, die bereits grau geworden war, wieder schwach rötlich erscheint bis zur Höhe von 1° bis 2°. Gleichzeitig sieht man zuweilen am Osthimmel eine sehr schwache, dunkelrote Färbung erscheinen, und ein sehr geübtes Auge kann die Spuren eines zweiten grauen Segmentes wahrnehmen. Kurz darauf, wenn die Sonne die Tiefe von 7° erreicht hat, kann man unter günstigen Umständen ein zweites Purpurlicht beobachten, das, wie das erste, an Intensität und Ausdehnung wächst, aber schneller hinter den Horizont versinkt; das Maximum des zweiten Purpurlichtes wird erreicht, wenn die Sonne 9° unter dem Horizonte steht, es ist stets schwächer als das des ersten Lichtes. Nachdem auch das zweite Purpurlicht verschwunden (Stand der Sonne etwa 12°), wird der ganze Himmel dunkel, es bleibt nur im Westen ein kleiner, schwach rötlichgelber Streifen und über diesem die weissliche Aureole, welche sich während der ganzen Zeit immer mehr gesenkt hat. Nach kurzer Zeit verschwindet auch der gelbliche Streifen, und es bleibt nur die weissliche Aureole, welche nach und nach von einem dunklen, von oben sich herabsenkenden Schleier (dem Erdschatten) verdeckt wird.

Die Morgendämmerung zeigt im ganzen denselben Gang der Erscheinungen, nur in umgekehrter Reihenfolge, wie die eben geschilderte Abenddämmerung. Einzelne Farbennüancierungen sind am Abend schwächer und verwaschener als am Morgen. Ein blutroter Sonnenaufgang ist häufiger als der gleiche Untergang, und noch einige andere unwesentliche Differenzen werden erwähnt, die wohl von der Individualität der Station bedingt sein mögen. Ferner sei noch bemerkt, dass die Dämmerungsfarben im allgemeinen lebhafter sind im Winter als im Sommer.

Battelli glaubt, dass die Ursache der Farbenerscheinungen gemäss der Theorie von Lommel in der Beugung des Lichtes an kleinen in der Atmosphäre schwebenden Körperchen zu suchen sei, und hat Versuche angestellt, welche diese Annahme zu bestätigen scheinen, doch bleibt auch jetzt noch manches unerklärt.

Die Ursache des Alpenglühens ist noch immer nicht endgültig festgestellt. Eine neue Erklärung desselben hat Prof. B. Fränkel gegeben [1]. „Das Alpenglühen", sagt er, „entsteht dann, wenn der Horizont von Wolken bedeckt ist, in denen an irgend einer Stelle ein Riss oder ein Spalt ist, durch welchen hindurch die Sonne ihr Licht leuchten lassen kann. Als Horizont müsste derjenige der Berge gedacht werden. Für den Standpunkt

[1]) Naturw. Rundschau 1891. Nr. 51.

Digitized by Google

des Beschauers ist die Sonne gewöhnlich schon untergegangen, für die Berge aber nur scheinbar. Wer da oben stünde, würde sehen, dass sie nur von vorgelagerten Wolken bedeckt ist; kommt sie nun bei ihrem Absinken an den in den Wolken vorhandenen Spalt, so bescheint sie wieder die Berge, und zwar wird ihr Licht von unten nach oben an den Bergen hinaufklettern. Die ersten Strahlen der Sonnenscheibe müssen durch den Wolkenspalt die unteren Teile der Berge treffen, bis schliesslich die oberste Kuppel der scheidenden Sonne über den unteren Rand des Spaltes hinweg ihren feurigen Abschiedskuss den höchsten Gipfeln zusendet. Es folgt aus dieser Betrachtung, dass nicht alle nach Westen schauenden Gipfel glühen können, sondern nur diejenigen, von denen aus man die Sonne bis dicht an den Horizont hinabsinken sehen kann. Das besondere Rot des Alpenglühens rührt von der dicken Schicht Wassergas her, welche in einem solchen Falle in der Luft vorhanden ist, und durch welche hindurch die Sonne scheinen muss Dasselbe feurige Rot sieht man auch in unserer Gegend, und wo es auch ist unter den gleichen Bedingungen. Bei uns — im Flachlande — kann man den Horizont beobachten und sieht die Wolke und ihren Spalt, beim Alpenglühen aber liegen dieselben unterhalb des Horizontes des Beobachters.“ Diese Erklärung ist wahrscheinlich die richtige; sie könnte erwiesen werden, wenn man bei dem im Thale sichtbaren Alpenglühen, oben auf den Bergen, etwa in einer Alphütte weilte und die am Horizonte sichtbaren Wolken und den Spalt in ihnen wirklich beobachtete.

Die merkwürdigen Gestaltveränderungen der aufgehenden Sonne infolge der atmosphärischen Refraktion sind bei Gelegenheit der astronomischen Ortsbestimmungen auf dem Fixpunkte I. Ordnung „Brno“ in Böhmen vom Oberlieutenant Křifka studiert und abgebildet worden[1], letzteres während der Zeit von der ersten Wahrnehmung der Sonne bis zur Annahme der Kreisform. Diese Abbildungen sind auf Tafel VI wiedergegeben. Herr Křifka giebt a. a. O dazu folgende Erläuterungen: „Die Farbe der Sonne oder besser gesagt der Schimmerglanz derselben war bei Fig. 1 der des bekannten amfangs matten, dann immer glänzender werdenden bis intensivsten Morgenrotpurpurtones, die sich bei der selten so rein und in so mannigfaltiger Weise dem Auge des Beobachters präsentierenden Metamorphose der aufgehenden Sonnenkugel in den verschiedenen Stadien ihres Emportauchens über die Linie des Horizontes, successive in Rotgold, Goldgelb verwandelte, bis schliesslich die Sonne bei Annahme der kreisrunden Scheibenform den Glanz und die Nüance der chamoixgefärbten, blendenden, elektrischen Glühlichtbeleuch-

[1] Meteorolog. Zeitschrift 1891. p. 101.

tung erhielt und ohne Blendglas nicht mehr beobachtet werden konnte, dann aber für vorliegende Studie auch kein weiteres Interesse mehr bot. Was den allmählichen Farbenwechsel und die Lichteffekte der aufgefassten und in der Tafel zur Darstellung gebrachten Sonnenbilder anbetrifft, so muss erwähnt werden, dass der untere Teil der jeweiligen Sonnenform immer mehr die nächstvorhergehende dunklere Rotfärbung, der obere die kommende Gelbfärbung zeigte, dass die Sonne also nur beim Aufgange, respektive deren erster Wahrnehmung, und dann bei Annahme der runden Scheibenform vollkommen gleichmässig gefärbt war, und zwar hatte sie am Anfange bei Fig. 1 und etwa noch bei Fig. 2 die volle sog. purpurmorgenrote Farbe, am Ende, also bei Fig. 15, den intensiven hellgelben Glühlichtglanz."

Ohne sich in eine Diskussion oder Hypothese über diese Naturerscheinung einzulassen, hat Herr Křifka in der Figurentafel die Trennungslinie der die markanten Deformationen des Sonnenbildes bewirkenden, jedenfalls verschieden warmen Luftschichten approximativ eingezeichnet

Schliesslich erwähnt er noch die Thatsache, dass, je mehr die Sonnenscheibe bei ihrem Aufgange ihre Form verändert und je tiefer die verschiedenen Einschnitte und Einschnürungen sind, desto sicherer man auf die Fortdauer des sogen. „schönen Wetters", das bis zu zwei Tagen gewiss konstant bleibt, hoffen könne.

21. Klimatologie.

Die Temperaturverhältnisse von Helgoland sind von Dr. Kremser untersucht worden[1]). „Schon nach ihrer Lage, ihrer geringen Ausdehnung und Höhe über dem Meeresspiegel musste die Insel als ausgezeichneter Vertreter des Seeklimas innerhalb Mitteleuropas aufgefasst werden. Dies hat in der That 1873 die Kieler Kommission zur Erforschung der deutschen Meere veranlasst, auf Helgoland eine meteorologische Station ins Leben zu rufen, und deren Aufzeichnungen aus den Jahren 1875—89 sind es im wesentlichen, welche der Untersuchung Kremsers zur Grundlage dienten. Die mittlere Jahreswärme beträgt + 8.3° C. (für Köln + 10.1° C.), so dass die Insel ein klein wenig wärmer erscheint als die Küste, auch in der südlichen Erstreckung der letzteren. Daneben erfreut sich Helgoland der kleinsten durchschnittlichen Jahresschwankung der Wärme in ganz Deutschland, es ist der berufenste Vertreter des Seeklimas

[1]) Ann. d. Hydrogr. 1891. Heft 5. p. 175.

im Reiche. Seine mittlere Temperaturschwankung beträgt 14.7° C. (für Köln ist dieselbe 16.8° C.), und während sonst überall der Juli als wärmster, der Januar als kältester Monat erscheint, fällt in Helgoland die höchste Wärme (16.2° C.) in den August, die niedrigste (1.5°) auf den Februar. Vom November bis Januar ist die Insel unzweifelhaft der wärmste Punkt Deutschlands, selbst die klimatischen Kurorte Bozen, Meran, Montreux und Lugano bleiben in jenen Monaten hinter Helgoland zurück. Dem warmen Herbste und milden Winter Helgolands stehen freilich auch ein kaltes Frühjahr und ein kühler Sommer gegenüber. Wer der drückenden Julihitze entgehen will, findet auf dieser Insel Kühlung. Im August beginnen sich die Verhältnisse bereits umzukehren, und im September ist Helgoland wärmer als fast ganz Norddeutschland, weshalb auch dann dort die Badesaison noch auf der Höhe steht, während aus den Bergsommerfrischen alles zu flüchten beginnt. Die mittlere Temperatur des Oberflächenwassers der See bei Helgoland beträgt + 9.4° C., sie ist am höchsten (18°) im August, am niedrigsten (1.5°) anfangs März. Was die täglichen Schwankungen der Luftwärme anbelangt, so zeigt Helgoland sogar in jedem Monate die geringste Veränderlichkeit von Zentraleuropa. Es steht in dieser Beziehung im schärfsten Gegensatze zu allen Gebirgsgegenden und deren Kurorten, da dort gerade die grösste Veränderlichkeit beobachtet wird. Ein Schwanken der mittleren Temperatur von Tag zu Tag um 4° C. kommt in Helgoland höchstens sechsmal im Jahre vor (im kontinentalsten Norddeutschland 50, im Riesengebirge 70 mal), noch grössere Temperatursprünge gehören zu den höchsten Seltenheiten. Der erste Frost tritt auf der Insel durchschnittlich am 19. November ein, der letzte am 29. März; auch in dieser Beziehung steht Helgoland allen Orten Deutschlands voraus, kein anderer Punkt des Reiches hat, soweit bekannt, so viele frostfreie Tage im Jahre als Helgoland."

Die Temperatur in Europa während der Jahre 1886—90. A. Lancaster hat 1886 darauf hingewiesen, dass in den letzten Jahren eine geringe Abnahme der Wärme im westlichen Europa eingetreten sei, und diese Wahrnehmung hat seitdem ununterbrochen Bestätigung gefunden. Gegenwärtig veröffentlicht er nun[1]) eine Zusammenstellung der Abweichungen der wirklichen Jahrestemperaturen 1886 bis 1890 von der mittleren, für eine grosse Anzahl von Orten Europas und einige asiatische Stationen. In derselben Tabelle giebt er auch die Zahl der Monate an, während deren an jenen Orten die Temperatur tiefer war als die mittlere des betreffenden Monates. Diese Tabelle ist hier wiedergegeben.

[1]) Ciel et Terre 1891, Nr. 6, p. 132 u. ff.

Orte	Abweichungen von der normalen Temperatur						Zahl der Monate, die zu kühl waren					
	1886	1887	1888	1889	1890	Durchschnitt	1886	1887	1888	1889	1890	Total
Bodö	+1.0°	+0.8°	−0.3°	+1.7°	+2.2°	+1.1°	3	4	8	3	2	20
Skudesnaes	+0.7	+1.0	+0.1	+1.5	+1.5	+1.0	5	3	7	4	3	22
Haparanda	+1.4	+1.6	−1.3	+2.1	+2.3	+1.2	2	2	6	3	3	18
Stockholm	+1.3	+0.9	−1.4	+0.6	+1.1	+0.5	1	2	9	5	5	22
Stornoway	−0.7	+0.2	−0.5	+0.6	+0.6	+0.0	10	5	8	4	4	31
Shields	−0.6	−0.5	−0.8	−0.1	+0.1	−0.4	10	10	8	7	5	40
Valencia	−0.4	+0.0	−0.1	+0.2	−0.1	−0.1	8	7	5	5	8	33
Brüssel	−0.1	−1.2	−1.2	−0.5	−0.7	−0.7	6	10	10	9	8	43
St. Mathieu	−1.0	−2.1	−1.6	−0.7	−0.8	−1.2	9	12	10	10	8	49
Paris	−2.4	−2.8	−1.6	−0.8	−1.2	−1.8	12	12	11	10	9	54
Semur	−0.7	−1.8	−1.4	−1.3	−1.4	−1.3	—	—	—	—	—	—
Perpignan	−1.5	−2.2	−1.7	−1.7	−1.4	−1.7	11	11	10	10	10	52
Madrid	−0.5	−0.5	−1.4	−0.6	−0.8	−0.8	—	—	—	—	—	—
Borkum	−0.4	−1.1	−1.5	−0.3	−0.8	−0.8	7	10	11	8	8	44
Hamburg	−0.9	−1.4	−1.8	−0.9	−1.0	−1.2	7	11	10	9	8	45
Swinemünde	−0.7	−0.7	−1.5	−0.6	−0.4	−0.8	6	10	11	8	7	42
Neufahrwasser	−0.4	−0.4	−1.6	−0.8	−0.1	−0.7	7	8	9	8	5	37
Memel	+0.1	+0.1	−1.3	+0.1	+0.9	−0.0	4	5	9	8	3	29
Münster	−1.3	−2.2	−2.7	−2.1	−2.1	−2.0	11	12	11	10	11	55
Berlin	−0.5	−1.0	−1.3	−0.3	−0.4	−0.7	6	9	11	9	7	42
Breslau	−0.4	−0.6	−0.8	+0.1	+0.2	−0.3	6	7	11	6	5	35
Krakau	−0.2	−0.3	−0.8	+0.1	−0.4	−0.2	—	—	—	—	—	—
Karlsruhe	−0.6	−2.1	−1.9	−1.4	−1.6	−1.5	6	11	11	10	9	47
München	−0.3	−1.7	−1.4	−1.1	−1.5	−1.2	6	11	12	10	10	49
Wien	−0.3	−0.8	−1.0	−0.4	−1.6	−0.6	6	9	10	8	7	40
Prag	+0.4	−0.7	−0.7	−0.2	−0.2	−0.3	—	—	—	—	—	—
Budapest	−0.2	−1.0	−0.5	−1.0	−0.4	−0.8	—	—	—	—	—	—
Hermannstadt	−0.1	−0.2	−0.5	+0.7	+0.4	+0.1	8	5	4	2	4	23
Rom	+0.3	−0.1	−0.1	−0.4	−0.4	−0.1	—	—	—	—	—	—
Neapel	+0.3	−0.4	−0.8	−1.0	−1.1	−0.6	10	—	10	11	11	—
Archangel	+0.8	+0.5	−1.9	+0.9	+0.7	+1.0	4	4	10	4	5	27
St. Petersburg	+0.8	+1.3	−1.7	+0.6	+1.7	+0.5	5	3	9	5	3	25
Moskau	−0.0	+1.0	−1.6	−0.2	+0.8	+0.0	8	4	10	8	3	33
Jekaterinenburg	+0.1	+1.0	+0.2	−0.1	+0.1	+0.3	7	3	4	6	4	24
Barnaul	−0.4	+2.0	+1.3	−0.5	−0.3	+0.4	7	2	1	7	6	23
Irkutsk	−1.0	−0.7	−1.8	−2.4	−1.7	−1.5	9	7	11	11	10	48
Taschkent	−0.9	−0.1	+0.3	−1.1	−0.5	−0.5	6	6	5	8	6	31

Die Ziffern in dieser Tabelle reden eine deutliche Sprache, allein um dieselbe verständlicher zu machen, ist eine graphische Darstellung noch geeigneter. Auch eine solche hat Herr Lancaster gegeben in einer Karte, welche die Abweichungen der Temperatur enthält. In dieser Karte, welche auf Tafel IV reproduziert ist, sind alle Orte mit gleich grosser Temperaturabweichung durch Linien verbunden, und man gewinnt mit einem Blicke eine Übersicht von der Art und Weise der Verbreitung der Abkühlung. Die bedeutendste Wärmeabnahme zeigt sich auf einem schmalen Streifen, der sich vom nördlichen Mittelfrankreich bis gegen Hannover hinzieht. Innerhalb desselben hat Paris die grösste Temperaturabnahme von — 1.8° C. im 5jährigen Durchschnitt. Die

Digitized by Google

Linie, welche eine mittlere Temperaturabnahme von —1° C. einschliesst, umfasst Nordostspanien, ganz Frankreich, Norditalien und Westdeutschland; die Linie mit —0.5° C. Abweichung schliesst den grössten Teil von West- und Mitteleuropa ein Demgegenüber treffen wir in Finnland einen mittleren jährlichen Wärmeüberschuss von +0.5° C., Norwegen endlich und Lappland zeigen sogar ein Plus an mittlerer Jahreswärme von 1° C. Diese Abnahme der mittleren Jahreswärme hat, wie Herr Lancaster gefunden, um 1885 begonnen und dauert bis heute fort; sie bezeichnet eine klimatologisch höchst wichtige Thatsache, deren Ursache wir aber zur Zeit nicht kennen

Im Jahre 1891 ist wiederum ein kühler und feuchter Sommer eingetreten, dessen charakteristische Eigenschaften A. Lancaster für Belgien untersucht hat[1]). Hiernach blieb dort die Temperatur des Frühjahrs um 1.2° C. hinter der normalen zurück, diejenige des Sommers bis Mitte August um 1.5°, ja, die erste Hälfte des August war um volle 2.7° C. zu kalt. Mit dieser Temperaturerniedrigung Hand in Hand ging die Zunahme des Regens. Im ganzen fielen von März bis Mitte August 94 *mm* Regen über die normale Menge, davon 31 *mm* mehr im Juni und 51 *mm* über die Norm im Juli, d. h. volle 60 % mehr, als dem Durchschnitt entspricht. Dass diese abnormen Zustände mit der allgemeinen Wärmeabnahme im nordwestlichen Europa seit 1885 oder 1886 im Zusammenhange stehen, ist ausser Frage. Die grösste Wärmeabnahme fiel auf den Winter und Frühling, die geringere auf Sommer und Herbst, dagegen zeigt der November eine unbedeutende Wärmezunahme. Diese Temperaturabweichungen stehen in innigster Verbindung mit einer Änderung in den vorwaltenden Windrichtungen. Seit 1885 sind die nördlichen und nordöstlichen Winde weit häufiger, die südwestlichen, westlichen und nordwestlichen dagegen seltener geworden. Die grösste Zunahme der Häufigkeit zeigt der NO, und zwar in allen Monaten des Jahres, vorzugsweise aber in der kälteren Hälfte desselben, umgekehrt ist der SW im Winter seltener geworden, hat dagegen im Juli bis September zugenommen. Mit der zunehmenden Häufigkeit des NO im Winter steht die in den letzten Jahren eingetretene Zunahme an Erkrankungen der Atmungsorgane zweifellos im Zusammenhange. Die Windrichtungen werden lediglich beherrscht oder hervorgerufen durch die Art und Weise der Luftdruckverteilung; bei hohem Drucke herrschen in unseren Gegenden nördliche bis östliche Winde vor, bei niedrigem Luftdrucke dagegen südliche bis westliche. Daraus folgt, dass sich während der letzten 6 oder 7 Jahre gewisse Typen der atmosphärischen Druckverteilung über dem nordwestlichen Europa häufiger als gewöhnlich eingestellt haben, kurz, dass in der durchschnittlichen

[1]) Ciel et Terre 1891. No. 12.

Luftdruckverteilung eine gewisse Veränderung stattgefunden hat. Die nähere Ursache dieser letzteren ist aber völlig unbekannt, nur soviel dürfen wir behaupten, dass sie keine örtliche sein kann, sondern mit der allgemeinen Luftzirkulation in engster Beziehung steht. Wir können daher auch nichts bestimmtes darüber aussagen, ob die nachgewiesene Erkaltung noch längere oder kürzere Zeit andauern wird oder demnächst schon in das Gegenteil umschlägt. Dass es sich aber dabei doch um einen periodischen Vorgang handelt, ist nach allem, was wir sonst wissen, überaus wahrscheinlich.

Die Schneedecke im europäischen Russland in der ersten Hälfte 1890. Die Bedeutung der Schneedecke als klimatologisches Element ist besonders für das russische Reich sehr gross, da dieses seiner geographischen Lage zufolge stets mit seiner mehr oder weniger langandauernden festen Schneedecke zu rechnen hat, ein Umstand, der für Russland als Agrikulturstaat par excellence zweifelsohne von grosser Bedeutung ist. Der Einfluss derselben macht sich auch auf einem anderen sehr wichtigen und praktischen Gebiete geltend, nämlich auf dem des Verkehrswesens. Den Untersuchungen zufolge, welche im physikalischen Zentralobservatorium über die Schneeverwehungen an den Eisenbahnen vorgenommen wurden, hat sich ergeben, dass die Entstehung dieser ausserordentlich störenden atmosphärischen Erscheinung weniger durch direkten Schneefall, als gerade durch eine bereits vorhandene Schneedecke bedingt wird. Im Hinblicke auf diese praktischen Anwendungen entschloss sich das physikalische Zentralobservatorium dazu, die Beobachtungen der Schneedecke im Jahre 1890 versuchsweise in den Kreis der normalen Beobachtungen auf seinen Stationen aufzunehmen, und zwar hielt es das Observatorium für angezeigt, vor der Hand sich damit zu begnügen, Erhebungen über das Vorhandensein einer zusammenhängenden Schneedecke zu machen, ohne dabei auf die genauere Messung der Dicke der Schneelage einzugehen. Zu dem Ende wandte sich das Observatorium am Schlusse des Jahres 1889 an sämtliche ihm unterstellte Stationen, mit Ausnahme der Gewitterstationen, mit der Bitte, auf den Beobachtungstabellen an sämtlichen Tagen, an denen die nächste Umgebung des Beobachtungsortes eine zusammenhängende Schneedecke aufweist, das zu diesem Behufe angenommene Zeichen ⌓ anzumerken. Da hierbei allerdings vorausgesetzt werden musste, dass bei eintretendem Thauwetter die etwaige vorhandene zusammenhängende Schneedecke stellenweise unterbrochen werden und hierdurch dem Beobachter die Schwierigkeit erwachsen könnte, wie in solchen Fällen die Schneedecke zu beurteilen sei, so wurde festgestellt, dass in sämtlichen Fällen, wo der grössere

[1]) Repertorium für Meteorologie. 14. Nr. 5.

Teil der Umgebung sich noch unter der Schneedecke befinde, diese ebenfalls im Beobachtungsformulare mit dem Zeichen ⌓ anzugeben sei Da diese Instruktion erst zum Schlusse des Jahres 1889 in die Hände der Beobachter gelangen konnte, so begannen die Beobachtungen mit dem 1. Januar 1890 neuen Stiles. E. Berg hat nun die eingelaufenen Beobachtungen untersucht[1]). Im ganzen lagen aus dem europäischen Russlande 428, aus dem asiatischen 21, aus dem Kaukasus 55 Beobachtungen vor. Das Resultat ist folgendes: „Zu Beginn des Januar 1890 verläuft den Meldungen der Stationen gemäss die Grenze der zusammenhängenden Schneedecke derart, dass sie von Finnland aus, mit einer kleinen Ausbuchtung nach O, südwärts geht, um ungefähr beim 52. Breitengrade nach SW abzubiegen. Im Süden liegt die Grenze der festen Schneedecke dicht unter dem 47. Breitengrade, indem sie die Nordwestecke des Schwarzen Meeres mit dem Asow'schen Meere verbindet; in SO trennt sie in Form eines Winkels, dessen Scheitel ungefähr 48° nördl. Br. und 45° östl. L. liegt, die Wolganiederung ab. Um die Mitte des Januar haben sich die Grenzen der Schneedecke überall erweitert. In W dringt dieselbe bis an die Ostsee vor, weicht dann über die Nordspitze von Kurland nach SO ins Festland zurück, um vom 55. Breitengrade wiederum nach SW vorzurücken. In S reicht die Grenze der Schneedecke ebenfalls bis hart an die Meeresküste und lässt offenbar nur einen schmalen Küstensaum frei; in O vom Asow'schen Meere, im Kubangebiete, tritt die Schneegrenze etwas tiefer ins Festland zurück. In SO bemerken wir desgleichen ein Vordringen der Schneedecke gegen die Küste des Kaspischen Meeres hin. Zu Anfang des Februar hat sich in W die Grenze der Schneedecke verhältnismässig wenig vermindert; sie erscheint hier im Vergleiche zum vorhergehenden Termine gleichmässig vorgeschoben und zeigt nur südlich vom 52. Breitengrade eine verminderte Form, indem sie einen starken Bogen nach SO beschreibt und darauf wieder in südwestlicher Richtung verläuft. In S Russlands sehen wir dagegen, dass die Schneegrenze nicht unbedeutend zurückgewichen ist; sie geht von dem Donaudelta nach N bis zum 48. Breitengrade und zieht sich dann nach O mit einer leichten Senkung nach S bis ins Kubangebiet hin. In SO erreicht die Schneegrenze an diesem Termine ihre weiteste Ausdehnung, indem sie nur einen schmalen Küstenstreifen an der Wolgamündung frei lässt Mitte Februar hat sich die Grenze der Schneedecke in W in der Weise verschoben, dass sie im nördlichen Teile der baltischen Provinzen etwas nach NO zurücktritt, dagegen im südlichen Teile derselben vordringt, um dann mit ähnlichen Ausbuchtungen wie zu Anfang Februar, die jedoch hier etwas nördlicher gelegen sind, zu verlaufen. In S ist die

[1]) Meteorolog Zeitschrift 1891. p. 219.

Digitized by Google

Schneegrenze zum zweiten Male bedeutend vorgerückt und weist im grossen und ganzen dieselbe Lage, wie um die Mitte des Januar, auf, während in NW vom Kaspischen Meere die Ausdehnung derselben die nämliche geblieben ist, wie zu Anfang des Februar. Zu Beginn des März erreichte die Schneedecke in W ihre grösste Ausdehnung, indem sie sich nun über das ganze westliche Russland mit Einschluss von Polen erstreckt. In S und SO des Reiches tritt dagegen schon der Rückgang der Schneegrenze ein; nördlich vom Schwarzen und Asow'schen Meere verläuft dieselbe in einem leichten Bogen, indem sie die Nordenden beider Meere verbindet, während sie nordwestlich vom Kaspischen Meere, ihrer Ausdehnung nach, ungefähr dem Zustande um den 1. Januar entspricht. Um die Mitte des März sehen wir die Schneedecke schon stark in Abnahme begriffen. Dieselbe ist sowohl von SO als auch von NW her bedeutend zurückgedrängt, und nur in südwestlicher Richtung zeigt die Schneegrenze einen starken keilförmigen Vorsprung. Gegen Anfang April zieht sich die Schneedecke mehr und mehr in der Richtung nach NO zurück. Die Schneegrenze zeigt hierbei eine dem vorhergehenden Termine analoge Form, nur bemerkt man ein verhältnismässig starkes Zurückweichen der nach SW gerichteten Ausbuchtung. Um Mitte April sind es nur noch die nordöstlichen Gouvernements, in denen die Schneedecke vorhanden ist; ihre Abgrenzung gegen SW hin lässt aber immer noch eine ähnliche Form wie früher erkennen, insofern auch hier eine südwestliche Ausbuchtung bemerkbar ist. Nach dem 15. April tritt dann mehr oder minder schnell das Schwinden einer zusammenhängenden Schneedecke ein. Stellenweise hält sie sich und dauert unter abwechselndem Schwinden und Wiederkehren noch bis in den Mai hinein im äussersten Norden des europäischen Russlands und in den gebirgigen Gouvernements Perm, Ufa und Orenburg. Resumieren wir in Kürze den Verlauf der Schneedecke nach dem bisher Gesagten, so finden wir, dass dieselbe in W vom 1. Januar ab, stetig in westlicher Richtung wachsend, gegen den Anfang des März ihre grösste Ausdehnung erreichte. In SO zeigte die Schneedecke ebenfalls eine stetige Zunahme, wobei das Maximum hier schon im Februar eintrat. In S Russlands bemerken wir dagegen eine zweimalige Zu- und Abnahme der Schneegrenze, das erste Maximum fiel in die Mitte des Januar, das zweite in die Mitte des Februar. Der Rückgang der Schneegrenze gegen den Frühling hin trat demnach in S und SO gleichzeitig nach Mitte Februar, in W dagegen um einen halben Monat später ein. Interessant ist der weitere Verlauf im Rückgange der Schneedecke vom 15. März an, da sich in der analogen Form der Grenzbildung bei der Abnahme derselben offenbar die Abhängigkeit von der geographischen Breite einerseits und den kontinentalen Bedingungen anderseits zu erkennen giebt.

Die meteorologischen Verhältnisse im Inneren Grönlands sind von Dr. Nansen bei dessen Durchquerung jener eisbedeckten Wüste durch mühevolle Beobachtungen zuerst einigermassen aufgeklärt worden. Professor Mohn teilt über die Ergebnisse der Berechnungen dieser Beobachtungen folgendes mit [1]: „Die Variationen des Barometerstandes sind auf dem Grönlandeise schwächer als in Godthaab (Westgrönland) und auf Island. Die tägliche Periode der Lufttemperatur, welche stark ausgeprägt war, wurde nach einer neuen Methode bestimmt, die eine Benutzung der nicht zu regelmässigen Terminen gemachten Beobachtungen ermöglichte. Die tägliche Schwankung der Temperatur zeigte sich dabei am kleinsten bei Regenwetter, grösser bei Schneewetter; kleiner bei bewölktem, grösser bei klarem Himmel; kleiner bei höherer, grösser bei niedrigerer Temperatur; geringer in kleineren, bedeutender in grösseren Höhen über dem Meere. Während einer Kälteperiode mit klarem Wetter, hohem Luftdrucke und trockener Luft, mitten im Inneren von Grönland, in Höhen von 2300 bis 2600 *m*, ging die mittlere Tagestemperatur bis zu —32° C. herab; die niedrigste Temperatur war nachts —45° C, die höchste bei Tage —18° C. Die dünne Luft spielt in diesen Höhen, in Verbindung mit der Schneeoberfläche, eine Hauptrolle. Unter ähnlichen Verhältnissen war im März 1883 die mittlere Temperatur bei dem niedrig liegenden Forte Rae am Grossen Sklavensee —24°, und die ganze tägliche Temperaturschwankung betrug 11°, während sie in Grönland 23° war. Die Abnahme der Temperatur mit der Höhe und der Entfernung vom Meere wurde zu 0.68° pro 100 *m* Höhe berechnet. Nach Nansen's Observationen, mit denen von Godthaab zusammengestellt, erhält man, als eine erste Annäherung für das Innere von Grönland in 2000 *m* Höhe, eine mittlere Temperatur für das ganze Jahr von —25°, für Januar von —40° und für Juli von —10° C. Hier scheint also ein Kältepol dem sibirischen Kältepole jenseits des Nordpoles gerade gegenüberzuliegen. Es ist wahrscheinlich, dass die Temperatur im Inneren von Grönland ganz wie in Sibirien bis auf —65° oder noch tiefer sinken kann. Die britische Polarexpedition unter Nares beobachtete —58° an der Meeresfläche. Die häufigsten Winde wehten vom Inneren nach der Küste hin; die südlichen waren die wärmsten, die nordöstlichen die kältesten. An der Ostseite war der Himmel am meisten wolkig bei Südost-, klar bei Nordwestwind; an der Westseite am klarsten bei Nordost-, am wolkigsten bei Westwind. Die Winde von der Meeresseite gaben am leichtesten Niederschlag, die nordöstlichen waren die trockensten. Die höchsten Wolken, cirrus und cirro-stratus, waren die häufigsten. Durchschnittlich war

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Nr. 147, p. 260 u. ff.

Digitized by Google

jeder vierte Tag ein Schneetag, jeder vierte klar und beinahe jeder zweite bewölkt. Über die Meere im Westen, Süden und Osten von Grönland gehen häufig Wirbelzentra, während solche nur äusserst selten über das Innere hinwegziehen: dass solches doch geschehen kann, beweisen Nansen's Observationen, wenngleich es freilich nur ein sekundäres Minimum betraf. Über das Thal an der Westküste am Ameralikfjorde, welches die Expedition bei ihrem Abstiege zur See am Ende ihrer Reise erreichte, wehte mehrmals ein warmer trockener Föhn herab, der nicht bis zur Kolonie Godthaab hinausreichte."

Die Klimaschwankungen seit dem Jahre 1700. Prof. Brückner hat seinen verschiedenen Publikationen über Klimaschwankungen [1]) ein grosses Werk folgen lassen, in welchem er das gesamte vorhandene Material mitteilt und diskutiert. Diese Arbeit [2]) bezeichnet den dermaligen Standpunkt der ganzen Frage und wird auf lange hinaus den Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen bilden.

Zunächst giebt Prof. Brückner eine Untersuchung der Schwankungen des Kaspischen Meeres. Aus exakten Pegelmessungen ergiebt sich hiernach, dass das Kaspische Meer seit 1850 eine erhebliche Schwankung seines Wasserstandes erlebt hat; ein Vergleich mit den Resultaten meteorologischer Beobachtungen führte zu der Erkenntnis, dass in lang dauernden Schwankungen der Witterung, vor allem des Regenfalles, die Ursachen jener Schwankungen des Wasserstandes zu suchen wären. „Durch Überlieferung ist uns Kunde von früheren Schwankungen des Kaspischen Meeres seit dem Anfange des 18. Jahrhunderts geworden. Es lag die Vermutung nahe, dass jene alten Schwankungen gl ich den heute vor unseren Augen sich vollziehenden, auf Schwankungen des Regenfalles und der Temperatur zurückzuführen sind. Diese Vermutung wurde zur Gewissheit, als Prof. Brückner durchaus entsprechende Schwankungen der Temperatur aus der wechselnden Dauer der Eisbedeckung der Flüsse bis 1700 zurück nachzuweisen vermochte. Dass auch der Regenfall gleichzeitige und entsprechende Schwankungen seit Anfang des 18. Jahrhunderts erlitt, erschien ausserordentlich wahrscheinlich.

Brückner gelangt zu dem Schlusse: „Das gesamte europäische Russland von der Dwina im N bis zur Wolgamündung und dem Kaukasus im S, von den Abhängen des Ural im O bis zu der Newa und dem Dnjepr im W erlebte seit Anfang des 18. Jahrhunderts grossartige Schwankungen des Klimas, nasse Kälteperioden um die Jahre 1745, 1775, 1810, 1845 und 1880 und trockene Wärmeperioden um die Jahre 1715, 1760, 1795,

[1]) Siehe dieses Jahrbuch **1.** p. 354.
[2]) Geographische Abhandlungen von Penck, **4,** Heft 2. Wien und Olmütz 1890. Auch unter dem Titel: „Klimaschwankungen seit 1700, nebst Bemerkungen über Klimaschwankungen der Diluvialzeit".

Digitized by Google

1825 und 1860. Die Klimaschwankungen wirkten ein auf die Flüsse, indem sie die Dauer ihrer Eisbedeckung und die Höhe ihres Wasserstandes regelten, sie wirkten ein auf das gewaltige Kaspische Meer, indem sie bald seinen Spiegel hoben, bald ihn senkten."

Prof. Brückner betrachtet nunmehr die säkularen Schwankungen der abflusslosen Seen, wobei er unter säkular allerdings nicht Schwankungen von Jahrhunderte langer Dauer, sondern solche von mehreren Jahrzehnten versteht. Dieser Teil seiner Arbeit stützt sich vorwiegend auf die Untersuchungen von Dr. Sieger, welche dieser 1888 veröffentlichte. Aus theoretischen Betrachtungen, die sich nach den Thatsachen als richtig erweisen, fasst Prof. Brückner die Art und Weise, wie die Seen den Schwankungen ihrer Zuflussmenge, bezw., was dasselbe ist, den Schwankungen ihrer Abflussmenge folgen, in folgenden Thesen zusammen.

„1. Die Schwankungen der vollkommenen Flussseen sind klein und folgen ohne wesentliche Verspätung den Schwankungen der Zuflussmenge.

2. Die Schwankungen der abflusslosen Seen sind gross und zeigen eine sehr bedeutende Verspätung der Epochen im Vergleich zu den verursachenden Schwankungen der Wasserzufuhr. Dieselbe kann soweit gehen, dass das Maximum des Wasserstandes unmittelbar in dem Momente eintritt, in dem die Wasserzufuhr wieder ihren Mittelwert erreicht.

3. Abflusslose Seen, deren Zuflüsse sehr bedeutende Schwankungen erleiden, zeigen eine geringere Verspätung, als solche, bei denen die Schwankungen der Wasserzufuhr nur wenige Prozente betragen. Das gleiche gilt von den Seen mit flachen Ufern im Gegensatze zu denjenigen mit steilen Ufern.

4. Sekundäre Schwankungen der Zufuhr wird ein abflussloser See nicht mitmachen, solange diese Schwankungen wenig intensiv sind und infolgedessen in ihrem Verlauf die Differenz Zufuhr — Abfuhr das gleiche Vorzeichen behält. Dieselben machen sich dann nur in dem Sinne geltend, dass sie das Steigen oder Fallen des Wassers bald beschleunigen, bald verlangsamen.

5. Die unvollkommenen Flussseen stehen in jeder Beziehung in der Mitte zwischen den vollkommenen Flussseen und den abflusslosen Seen."

An der Hand dieser Thesen werden nun die Schwankungen der abflusslosen Seen geprüft, und Prof. Brückner findet, dass die Seen thatsächlich auf der ganzen Erde gleichzeitig eine Hochwasserperiode und gleichzeitig eine Niederwasserperiode zeigen.

Diesen Schwankungen müssen natürlich Klimaschwankungen entsprechen, aber welcher Art diese letzteren sind, ist nicht ohne

Digitized by Google

weiteres zu entscheiden. „Wir können,“ bemerkt Prof. Brückner, „nur sagen: Die Maxima der Seen sind veranlasst durch kühle oder feuchte oder kühle und feuchte, die Minima durch trockene oder warme oder trockene und warme Witterung. Etwas bestimmter sind die Schlüsse, die wir aus den Seespiegelschwankungen bezüglich der Lage der Epochen der Klimaschwankungen ziehen können: die ersteren müssen nicht unerheblich hinter den Klimaschwankungen nachhinken. Die Epochen der letzteren dürften früher fallen als die mittleren Epochen der Schwankungen der See. Wie gross diese Verspätung der See ist, lässt sich nicht im Voraus bestimmen: doch dürfte sie sich von See zu See ändern. Hierin haben wir vielleicht eine der Ursachen, welche das abweichende Verhalten manches Sees von seinen Nachbarn erklären kann. Jedenfalls aber fallen die Epochen der Spiegelschwankungen noch in die entsprechenden Teile der Kurve der Klimaschwankungen, die Maxima in die kühlen oder feuchten oder kühlen und feuchten, die Minima in die warmen oder trockenen oder warmen und trockenen Zeiträume und zwar gegen das Ende derselben. Es ergiebt sich also aus den Schwankungen der abflusslosen Seen folgende allgemeine Übersicht der Klimaschwankungen:

Trocken oder warm oder trocken und warm	Feucht oder kühl oder feucht und kühl
vor und um 1720	vor und um 1740
„ „ „ 1760	„ „ „ 1780
„ „ „ 1800	„ „ „ 1820
„ „ „ 1835	„ „ „ 1850
„ „ „ 1865	„ „ „ 1880

Die speziellere Ursache der Schwankungen wird späterhin untersucht und nachgewiesen. Zunächst sucht Brückner das Verhalten der Länder zu den Klimaschwankungen klar zu legen, indem er alles erreichbare Material über **die säkularen Schwankungen der Flüsse und Flussseen** zusammenstellt und diskutiert. Das Bild der Schwankungen entspricht demjenigen, welches die abflusslosen Seen lieferten. „Auch hier gruppieren sich die Hochstände und die Tiefstände um gewisse mittlere Epochen, und zwar sind es dieselben, die uns an den abflusslosen Seen entgegentraten; nur fallen sie zum Teil etwas früher:

Maxima		Minima	
Flüsse und Flussseen	Abflusslose Seen	Flüsse und Flussseen	Abflusslose Seen
um 1740	um 1740	um 1760	um 1760
„ 1775	„ 1780	„ 1795	„ 1800
„ 1820	„ 1820	„ 1831/35	„ 1835
„ 1850	„ 1850	„ 1861/65	„ 1865
„ 1876/80	„ 1880		

Aber auch hier giebt es einige Ausnahmen von der Regel; doch zeigen dieselben keine Gesetzmässigkeit nach Ort und Zeit.“

Digitized by Google

Im ganzen wurden an der Hand der Schwankungen von 38 abflusslosen Seen, von 13 Flussseen und 13 Flüssen, deren Wasserstand an 39 Pegelstationen beobachtet wurde, die Klimaschwankungen über alle Kontinente hin verfolgt. Nicht gleichmässig sind diese hydrographischen Beobachtungen verteilt. Australien, Südamerika und Asien gehen im Vergleiche zu den anderen drei Erdteilen ziemlich leer aus. Überall aber haben sich zwei Thatsachen ergeben, die Prof. Brückner so formuliert:

„1. Die Existenz der Klimaschwankungen auf allen Kontinenten.

2. Die Gleichzeitigkeit ihrer gleichsinnigen Epochen auf der ganzen Landoberfläche der Erde, für welche Beobachtungen vorliegen, abgesehen von einigen wenigen und nur temporären Ausnahmsgebieten (subtropischen Seen, Erie und Ontario)."

Diese Schwankungen liessen sich an mehreren Punkten des europäischen Kontinents bis zum Beginne des vorigen Jahrhunderts zurückverfolgen. Sie vollziehen sich nicht in einer strengen Periode. Auch ändert sich die Intensität der Epochen immer von Gebiet zu Gebiet und von Zeit zu Zeit etwas, doch ohne dass hier eine Gesetzmässigkeit gefunden werden könnte.

Die Schwankungen der hydrographischen Phänomene zeigt die folgende Tabelle:

Säkulare Schwankungen der Seen		des Regenfalles		der Temperatur	
Minimum . .	1720	trocken .	1716/35	— —	—
Maximum .	1740	nass . .	1736/55	kalt. . .	1731 45
Minimum . .	1760	trocken .	1756/70	warm . .	1746/55
Maximum .	1780	nass . .	1771/80	kalt. . .	1756/90
Minimum . .	1800	trocken .	1781/05	warm . .	1791/05
Maximum .	1820	nass . .	1806/25	kalt. . .	1806/20
Minimum . .	1835	trocken .	1926/40	warm . .	1821/35
Maximum .	1850	nass . .	1841/55	kalt. . .	1836/50
Minimum . .	1865	trocken .	1856/70	warm . .	1851/70
Maximum .	1880	nass . .	1871/85	kalt. . .	1871/85

Man erkennt aus dieser Tabelle (und besser noch aus einer graphischen Darstellung), dass die Schwankungen der kühlen Perioden, und die feuchten und ebenso die warmen mit den trockenen, zeitlich ziemlich zusammenfallen, doch kommen auch Verschiebungen vor. Das darf allerdings nicht Wunder nehmen, denn es ist, abgesehen von manchen anderen Bedenken, noch nicht einmal erwiesen ob die gewöhnlichen Thermometerablesungen wirklich ein entsprechendes Mass für die hier in Betracht kommenden thermischen Verhältnisse der Atmosphäre sind. Welche Wärmequelle die Oszillationen der Temperatur auf der Erde verursacht, ist heute nicht streng zu entscheiden; Prof. Brückner sagt, dass Vorgänge auf der Sonne am besten die geschilderten Erscheinungen zu erklären vermöchten und darin kann man ihm gewiss nur zustimmen. Doch haben solche Vorgänge seiner Mei-

Digitized by Google

nung nach mit der 11jährigen Sonnenfleckperiode nichts zu thun, denn die Klimaschwankungen vollziehen sich in einer etwa 36-jährigen Periode und die Maxima und Minima liegen bei dieser ganz anders als bei den Sonnenflecken.

Die bis jetzt erwähnten Daten bezüglich des Regenfalles und der Temperatur, sowie die Seeschwankungen reichen zeitlich nicht höher, als bis etwa 1740 hinauf. Es giebt nun aber eine Reihe von Thatsachen, welche gestatten, die Klimaschwankungen noch um mehr als hundert Jahre weiter zurück zu versetzen. Es sind dies die Aufzeichnungen über die Eisverhältnisse der Flüsse, über das Datum der Weinernte und die Häufigkeit strenger Winter. In diesen Aufzeichnungen liegt eine überaus wertvolle Fülle von Material, und Prof. Brückner hat sie nach jeder Richtung hin durchforscht. Er findet, um das aus allen Tabellen und Rechnungen sich ergebende Resultat mit kurzen Worten anzuführen, dass die Schwankungen des Termins der Weinernte und die Häufigkeit kalter Winter, die sich in Mitteleuropa bis zum Jahre 1000 zurückverfolgen lassen, nur der Ausdruck der allgemeinen Klimaschwankungen der Erde seit jenem Jahre sind und sich in einer Periode von 34.8 + 0.7 Jahren vollziehen. Das ist, falls es sich bestätigt, ein Ergebnis von höchster Wichtigkeit, eine Entdeckung ersten Ranges, der auf dem Gebiete der Klimatologie kaum eine andere als gleichwertig an die Seite zu stellen sein dürfte.

Diese Klimaschwankungen haben aber nicht nur eine theoretische, sondern auch eine praktische Bedeutung. Auf diese geht Brückner ebenfalls ein und erinnert daran, dass besonders in den trockenen Gebieten sich die hydrographischen Verhältnisse, indem sie den Schwankungen des Regenfalles folgen, ganz gewaltig ändern.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 26493

Digitized by Google

dzu

In gleichem Verlage erscheint:

„Gaea", Natur und Leben

Centralorgan

zur

Verbreitung naturwissenschaftlicher und geographischer Kenntnisse

sowie der

Fortschritte auf dem Gebiete der gesammten Naturwissenschaften.

Unter Mitwirkung hervorragender Fachgelehrten

herausgegeben von

Dr. Hermann J. Klein in Köln.

Die „Gaea" nimmt unter den der Verbreitung der Naturwissenschaften gewidmeten Zeitschriften seit nunmehr über einem Vierteljahrhundert den hervorragendsten Rang ein. In Deutschland und im gesammten Auslande zählt sie begeisterte Freunde und Anhänger. Wiederholt war die „Gaea" Vorbild zu mehr oder minder glücklichen Nachahmungen, deren Keiner es indess gelang sie zu erreichen oder gar zu überflügeln. Durch Gediegenheit und Vielseitigkeit ihres Inhaltes steht die „Gaea" unerreicht da. Jedem naturwissenschaftlich Gebildeten ist sie bekannt! Die reich illustrirten Bände der „Gaea" haben dauernden Wert, denn sie sind ein wahrhaftes Repertorium der Arbeiten auf naturwissenschaftlichem Gebiete. Dabei ist Klarheit und Allgemeinverständlichkeit bei sonst völlig wissenschaftlichem Charakter stets ihr leitender Grundsatz.

Die „Gaea" wird ihren alten Ruf, eine für das Verständniss der gebildeten Kreise berechnete

naturwissenschaftliche Zeitschrift ersten Ranges

und

leitendes Journal

in den Kreisen der naturwissenschaftlich gebildeten Welt zu sein, auch in dem soeben begonnenen — 28. Jahrgange — nicht nur bewahren, sondern noch mehr zu verdienen bestrebt bleiben.

Die Verlagshandlung
Eduard Heinrich Mayer
Leipzig.

Die Redaktion
Dr. Herm. J. Klein
Köln a. Rh.

Die „Gaea" erscheint nach wie vor in zwölf monatlichen Heften in elegantem Umschlag broschiert im Preise von ℳ 12 pro Jahrgang.

Heft 1 wird durch jede Buchhandlung zur Ansicht vorgelegt.

Abonnements nehmen alle Buchhandlungen und Postanstalten entgegen.

Rossplatz 16, Leipzig.

Eduard Heinrich Mayer.

Leipzig, Oskar Leiner.

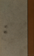
Digitized by Google

ed by Google

Digitized by Google

J26
Jahrbuch der astronomie und geophysik
v.1-2

M132721

Q9
J26
v. 1-2

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY